

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 75 20117**

(54) Procédé et dispositifs de fabrication de corps ou pièces en tissus tri-dimensionnels.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). D 04 H 3/00; B 32 B 5/12.

(22) Date de dépôt ..... 26 juin 1975, à 15 h 49 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — «Listes» n. 3 du 21-1-1977.

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Société de Protection des Inventions.

La présente invention, due aux travaux de Messieurs Bruno BOMPARD, Jean BROCHIER et Alain BRUYERE de la Société J. BROCHIER et Fils, est relative à un procédé pour la fabrication de corps ou pièces de formes diverses en tissus tri-dimensionnels et concerne également un dispositif permettant la mise en oeuvre industrielle de ce procédé.

Les tissus tri-dimensionnels sont déjà bien connus dans la technique et se présentent notamment sous la forme d'éléments épais où les constituants du tissu, du genre fils, fibres, mèches, brins, ..., sont répartis à travers celui-ci selon trois directions différentes, généralement perpendiculaires entre elles mais pouvant également présenter de l'une à l'autre une orientation angulaire relative donnée, différente de 90°. Notamment, de tels tissus tri-dimensionnels sont utilisés dans certains domaines de l'industrie en raison de leur résistance élevée vis-à-vis des contraintes mécaniques, de leur pouvoir isolant thermique et de leur bonne tenue aux chocs et à l'abrasion. Tout particulièrement, les développements récents dans la technologie des fils ou fibres à hautes performances, notamment des fibres de carbone, de silice ou de certains matériaux plastiques, ont décuplé l'intérêt des tissus tri-dimensionnels, par exemple pour la réalisation de revêtements des corps ou têtes de fusées ou autres engins ou de boucliers thermiques, pour leur protection lors de la rentrée à grande vitesse dans l'atmosphère par suite des échauffements et frottements très élevés qu'ils subissent. D'autres applications sont également envisagées notamment pour la fabrication de plaquettes ou disques de freins, nécessitant une très grande résistance à l'usure, jointe à un pouvoir de dispersion calorifique notable.

On connaît déjà certaines méthodes de fabrication de tels tissus épais, qui consistent pour l'essentiel à partir d'une étoffe bi-directionnelle obtenue par un procédé de tissage classique et comportant notamment un fil de chaîne et un fil de trame, et à enchevêtrer un troisième fil à ce tissu selon une direction différente de celle des deux premiers avec un appareil de tissage ou métier convenablement adapté. Or, si cette méthode peut être utilisée lorsque les fibres utilisées sont en coton ou constituées par des fils de synthèse à haute résistance unitaire à la traction et à la flexion, il en va de façon entièrement différente lorsque le tissu tri-dimensionnel doit être réalisé au moyen de fibres de carbone ou de graphite par exemple, qui même sous forme de mèches relati-

vement épaisses, ne peuvent supporter sans rupture quasi immédiate le frottement d'une navette ou d'un peigne, indispensable au tissage du tissu.

Pour pallier cette difficulté, on a déjà proposé de réaliser des tissus tri-dimensionnels en fibres ou fils de graphite ou de carbone à partir d'un mandrin ou corps en graphite, sur lequel sont préalablement usinés des picots ou tiges radiales rigides, constituant l'une des directions du tissu. Les deux autres directions de fils sont réalisées par tramage axial et bobinage circonférentiel entre ces picots radiaux. Une fois l'épaisseur de tissu souhaitée réalisée, l'ensemble est rigidifié par incorporation d'une résine durcissable, le mandrin initial étant ensuite éliminé par usinage ou autre procédé, en laissant simplement dans l'épaisseur du tissu des picots sur lesquels sont liés les fils de la chaîne et de la trame. On conçoit cependant qu'une telle méthode soit extrêmement coûteuse à mettre en oeuvre et surtout qu'elle ne permette pas d'obtenir une densité élevée de fils selon la direction radiale ou troisième direction, ce qui pour certaines applications, est gravement préjudiciable, le tissu obtenu ne présentant pas une homogénéité satisfaisante et par suite des performances convenables dans les trois directions. Par ailleurs, cette méthode se prête très difficilement à la réalisation de corps creux sans discontinuités, en forme de manches fermées sur elles-mêmes et dont le profil ou contour externe est une courbe qui peut, dans certains cas, être relativement compliquée.

La présente invention a pour objet un procédé de fabrication qui pallie ces inconvénients en permettant la réalisation de corps ou pièces de formes géométriques quelconques, plans ou de révolution, à génératrice rectiligne ou non, à partir d'un tissu tri-dimensionnel de forte épaisseur et dans lequel la densité des fils, filaments, fibres, mèches, ... dans trois directions préférentielles du tissu peut être ajustée à volonté et notamment être rendue sensiblement égale.

A cet effet, le procédé considéré se caractérise en ce qu'il consiste à réaliser une première nappe de fils parallèles s'étendant selon une première direction, à superposer plan sur plan sur cette première nappe une seconde nappe de fils parallèles s'étendant selon une deuxième direction différente de la première, à répéter la superposition alternée de premières et secondes nappes de fils pour obtenir un empilement épais, à coudre l'empilement des

premières et deuxièmes nappes par un troisième fil s'étendant selon une direction faisant un angle donné par rapport au plan formé par les directions des fils dans les premières et deuxièmes nappes, ce troisième fil réalisant une ligne de couture continue, et à répéter  
5 la couture de l'empilement par le troisième fil pour former une succession de lignes de couture parallèles, voisines mais décalées de l'une à l'autre pour recouvrir la surface de l'empilement.

Bien entendu, il va de soi que le terme de fil ainsi utilisé pour définir les constituants du tissu doit être pris dans  
10 son sens le plus large, et notamment recouvrir toute association de filaments ou fibres unitaires, sous quelque forme que ce soit.

De préférence, le procédé selon l'invention consiste à aménager les fils dans les premières et deuxièmes nappes d'une part et le fil de couture d'autre part, selon trois directions  
15 respectivement perpendiculaires. Dans le cas notamment où le corps à fabriquer est un corps de révolution autour d'un axe, les fils des premières nappes s'étendent dans la direction transversale ou circonférentielle sur le corps, les fils des deuxièmes nappes selon la direction axiale et le fil de couture selon une direction radiale,  
20 le, les lignes de couture étant orientées parallèlement à la direction des fils dans l'une des nappes et décalées, de l'une à l'autre, selon la direction des fils dans l'autre nappe.

Avantageusement, le fil de couture traversant les nappes superposées est un fil continu sous tension, disposé selon une cour-  
25 be d'allure sinusoïdale dont les sommets sont situés sur les faces extrêmes de l'empilement des nappes, les brins des fils voisins étant parallèles entre eux dans l'épaisseur de l'empilement. De préférence, et selon une caractéristique particulière du procédé, la couture de l'empilement des nappes par le troisième fil s'effectue avec un  
30 point de chaînette.

Selon le cas, les fils du tissu tri-dimensionnel sont choisis parmi les fils de verre, de silice, de carbone, de graphite, de polyamides, polyimides, ... . Par ailleurs, les fils des nappes et le fil de couture peuvent être de même nature ou de nature dif-  
35 férente. Ces fils peuvent être notamment constitués de fibres, filaments, mèches, ..., continus ou discontinus, contigus ou non, tressés, sous forme de torons ou groupés parallèlement sans enchevêtrement mutuel.

Dans un mode d'application plus particulièrement adapté à

la réalisation de corps de révolution, le procédé consiste à constituer une première nappe du tissu par un fil continu disposé selon une hélice s'enroulant circonférentiellement sur un mandrin support, à superposer les fils d'une deuxième nappe sur l'hélice de la première nappe selon la direction axiale pour recouvrir totalement la première nappe, à recouvrir la deuxième nappe par une troisième nappe identique à la première, puis la troisième par une quatrième identique à la deuxième et ainsi de suite, puis à coudre l'empilement des nappes par un troisième fil à travers le mandrin support convenablement ajouré, selon des lignes de couture s'étendant également selon la direction axiale, et enfin à retirer le mandrin support.

Le corps en tissu tri-dimensionnel ainsi obtenu peut être ensuite et selon une méthode classique, imprégné par une résine formant matrice, remplissant les espaces libres entre les fils. Dans le cas notamment où le tissu met en oeuvre des fils de carbone ou de graphite, la résine est de préférence une résine phénolique, le corps réalisé par le procédé de l'invention pouvant avantageusement subir un traitement final de graphitisation.

L'invention concerne également un appareil de fabrication adapté à la mise en oeuvre du procédé ci-dessus.

Notamment, l'appareil considéré se caractérise en ce qu'il comporte un mandrin creux de support du corps à fabriquer, ayant la forme intérieure de ce corps et présentant une lacune allongée dont la position est variable sur la périphérie du mandrin, un premier dispositif de distribution pour le fil des premières nappes selon une direction liée au mandrin, un deuxième dispositif de distribution pour le fil des secondes nappes selon une seconde direction également liée au mandrin, une tête de couture orientale munie d'une aiguille coopérant avec une passette, l'aiguille et la passette étant disposées en regard, respectivement de part et d'autre de la lacune à l'intérieur et à l'extérieur du mandrin, des moyens pour provoquer un déplacement relatif entre le mandrin et chaque dispositif de distribution des fils des premières et deuxièmes nappes, et des moyens pour déplacer le mandrin par rapport à la tête de couture selon la direction de la lacune ménagée dans le mandrin.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le mandrin creux présente un profil de révolution autour d'un axe et

est constitué par un ensemble de secteurs voisins indépendants, supportés par deux couronnes circulaires d'extrémité, la lacune du mandrin étant réalisée par enlèvement d'un quelconque des secteurs entre les deux couronnes.

5            Selon une caractéristique particulière, les moyens pour provoquer un déplacement relatif entre le mandrin et le premier dispositif de distribution de fil, comportent un arbre engagé selon l'axe du mandrin et rendu solidaire des couronnes d'extrémité par des joues de fixation, cet arbre étant muni d'au moins un pignon  
10 d'entraînement coopérant avec un moteur provoquant la rotation du mandrin autour de son axe, et une vis sans fin entraînée en synchronisme avec l'arbre du mandrin, cette vis coopérant avec un chariot bobineur portant un guide-fil se déplaçant dans un plan contenant une génératrice du mandrin, la rotation du mandrin com-  
15 binée au déplacement du chariot appliquant le fil autour du mandrin selon une hélice continue.

          Selon une autre caractéristique particulière, les couronnes et éventuellement les secteurs du mandrin, comportent des trous pour le montage de picots dirigés radialement vers l'extérieur du  
20 mandrin, ces picots étant adaptés à tendre le fil des nappes selon la direction des génératrices du mandrin, fourni par le second dispositif de distribution comportant un chariot trameur se déplaçant avec un mouvement de va-et-vient entre les picots.

          D'autres caractéristiques du procédé de fabrication selon la présente invention et de l'appareil pour la mise en oeuvre de ce  
25 procédé, apparaîtront encore à travers la description qui suit de plusieurs exemples de réalisation et d'application, donnés à titre indicatif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

30            - la Fig. 1 est une vue en coupe transversale d'une portion d'un tissu tri-dimensionnel réalisé selon le procédé de l'invention, illustrant notamment la disposition relative des nappes superposées et du fil de couture de ces dernières ;

          - la Fig. 2 est une vue en élévation et en coupe partielle  
35 d'un mandrin-support pour la réalisation d'un corps en tissu tri-dimensionnel de forme cylindrique,

          - la Fig. 3 illustre en perspective le premier poste de l'appareil permettant de réaliser sur le mandrin de la Fig. 2 la superposition des nappes du tissu,

- la Fig. 4 illustre en perspective également, un second poste de l'appareil où le mandrin recouvert de l'empilement des nappes reçoit un fil de couture selon une troisième direction,

- la Fig. 5 est une vue de détail en coupe transversale à plus grande échelle de la machine à coudre réalisant la couture des nappes superposées,

- la Fig. 6 est une vue en coupe et en perspective partielle à encore plus grande échelle de la tête de couture,

- la Fig. 7 est un schéma illustrant en huit positions successives le processus de couture mis en oeuvre par la machine illustrée sur les Fig. 5 et 6,

- la Fig. 8 est une vue en perspective partiellement arrachée d'une variante de réalisation d'un mandrin-support pour la fabrication d'un corps cylindrique en tissu tri-dimensionnel,

- la Fig. 9 est une vue en perspective d'une variante de réalisation d'un mandrin-support adapté à la fabrication d'un corps de forme tronconique,

- la Fig. 10 est une vue en perspective du premier poste de l'appareil permettant de réaliser sur le mandrin selon la Fig. 9 la superposition de nappes selon deux directions différentes,

- la Fig. 11 est une vue de dessus d'une portion du mandrin selon la Fig. 9 permettant d'illustrer la manière dont est réalisé le dépôt des nappes successives dans le poste de l'appareil illustré sur la Fig. 10,

- la Fig. 12 est une vue de détail d'un dispositif avantageusement adapté sur le poste de la machine de la Fig. 10,

- la Fig. 13 illustre en perspective la machine à coudre adaptée au mandrin selon la Fig. 9,

- la Fig. 14 est une vue en élévation et en coupe partielle à plus grande échelle de la tête de couture de la machine selon la Fig. 13.

La Fig. 1 représente schématiquement une partie d'un corps en tissu tri-dimensionnel réalisé conformément aux dispositions de la présente invention. Ce tissu désigné par la référence générale 1, se compose d'une première nappe 2 de fils, filaments ou autres constituants analogues, tressés ou sous forme de mèches formées de fils parallèles, cette première nappe s'étendant selon une direction parallèle au plan de la figure. Sur cette première nappe est appliquée une seconde nappe 3, formée également de fils, filaments du même genre, de même nature ou de nature différente que

les fils de la première nappe, cette seconde nappe 3 s'étendant selon une direction perpendiculaire à la précédente.

Conformément à l'invention, la superposition plan sur plan des nappes 2 et 3 se répète autant de fois que nécessaire pour  
5 obtenir un empilement 4 dont l'épaisseur correspond à celle du corps à fabriquer. Les nappes 2 et 3 dans cet empilement 4 sont alors cousues ensemble par un fil 5, traversant l'empilement de part en part selon une direction où ce fil est sensiblement perpendiculaire à celui des nappes 2 et 3. Le fil 5 qui réalise une série de lignes  
10 de couture voisines présente dans l'épaisseur du tissu un profil approximativement sinusoïdal avec, dans ses parties de raccordement entre portions parallèles traversant l'empilement, des boucles de liaison 6 réalisant de façon préférentielle mais non exclusive un point de chaînette classique, la tension du fil à la couture appli-  
15 quant ces boucles contre les faces parallèles en regard 7 et 8 de l'empilement.

Selon l'invention, le corps 1 peut être réalisé selon un profil quelconque, notamment fermé sur lui-même et dont le contour est spécialement adapté à l'utilisation envisagée. En particulier  
20 et dans un premier mode de réalisation, ce profil peut être celui d'un cylindre droit, le procédé exigeant alors pour sa mise en oeuvre d'utiliser l'appareil décrit ci-après en référence aux Fig. 2 à 8, comportant deux parties successives, permettant pour l'une de constituer l'empilement des nappes superposées jusqu'à  
25 l'épaisseur désirée, puis dans l'autre, d'assurer la couture de ces nappes selon une troisième direction, perpendiculaire à celle des fils dans ces nappes.

A cet effet, et comme on le voit sur la Fig. 2, l'appareil utilise un mandrin rigide creux cylindrique 10 dont la forme exté-  
30 rieure est celle du corps à réaliser. Ce cylindre est avantageusement constitué par l'assemblage d'une succession de secteurs longitudinaux 11, amovibles, répartis selon sa périphérie et ménageant entre deux secteurs successifs un jeu étroit 12. Chaque secteur 11 présente à ses deux extrémités un embrèvement 13, permettant  
35 le montage de deux couronnes d'extrémité, respectivement 14 et 15, l'assemblage des secteurs par rapport aux couronnes étant réalisé individuellement au moyen de vis 16 traversant ces couronnes et s'engageant dans des trous taraudés prévus dans les extrémités des secteurs. Dans leurs faces opposées aux secteurs, les couronnes  
40 14 et 15 comportent une collerette 17, présentant dans sa surface



externe une denture 18, permettant d'assurer la rotation autour de son axe du cylindre 10 de la manière qui sera décrite plus loin. Par ailleurs, les couronnes 14 et 15 sont rendues solidaires aux extrémités du mandrin 10 de deux joues planes circulaires, respectivement 19 et 20, appliquées contre les bords des couronnes par des vis de blocage 21. Ces joues présentent dans leurs parties centrales et selon l'axe du mandrin, deux manchons, respectivement 22 et 23, permettant l'engagement et le guidage d'un arbre d'entraînement 24, traversant le mandrin, l'immobilisation des joues 19 et 20 sur cet arbre étant réalisé par des vis 25. Enfin, dans la surface externe des couronnes 13 et 14, à proximité des extrémités des secteurs 11, sont ménagés des trous borgnes 26, dans lesquels sont enfichés des picots 27, s'étendant radialement à partir de chaque couronne, ces picots étant convenablement et régulièrement répartis selon la périphérie du mandrin 10, en regard des secteurs 11, de préférence avec un très léger décalage angulaire d'une couronne à l'autre.

Le mandrin cylindrique 10 ainsi réalisé est prévu pour être mis en place dans un premier poste de travail où s'effectue le recouvrement de ce mandrin par la succession des nappes de fils ou filaments, nécessaires pour constituer l'empilement épais du tissu tri-dimensionnel, ce premier poste étant illustré sur la Fig. 3.

Comme on le voit sur cette figure, ce poste comporte un bâti-support 28 pour l'extrémité de l'arbre d'entraînement 24 du mandrin 10, qui traverse deux paliers, respectivement 30 et 31, prévus dans deux flasques 32 et 33 parallèles de ce bâti. Du côté du palier 30, l'arbre 24 se prolonge au-delà du flasque 32 et est rendu solidaire d'un pignon d'entraînement 34, coopérant avec une chaîne 35. Celle-ci passe sur un pignon de renvoi 36 de manière à entraîner, en synchronisme avec l'arbre 24, une vis sans fin 37 tourillonnant entre les flasques 32 et 33 du bâti 28 et dont le rôle sera défini plus loin. La chaîne 35 passe également sur un pignon de commande 38, claveté sur l'arbre de sortie d'un moteur d'entraînement 39, pouvant tourner à vitesse donnée ou selon un mouvement pas à pas d'amplitude déterminée, ce moteur reposant sur un rebord appartenant au flasque 32 et étant immobilisé par des colliers 41. La tension de la chaîne 35 entraînant l'arbre 24 et la vis sans fin 37 est réalisée par un galet d'appui 42, monté à l'extrémité d'un bras pivotant 43.

La vis sans fin 37 entraînée avec l'arbre 24, coopère avec un chariot<sup>44</sup> dit chariot bobineur, comportant une partie taraudée

formant écrou, ce chariot étant prolongé par une plaque support 45 munie d'un plat latéral 46 sur lequel est monté un axe 47 pour une bobine 48 à friction réglable. Cette bobine permet de dévider en contenu et avec une tension convenable un fil, un filament ou un autre élément du même genre 49, sous la forme d'une tresse ou d'une mèche, destinée à réaliser sur le mandrin cylindrique 10 le dépôt d'une première nappe où le fil 49 entoure circonférentiellement le mandrin sous la forme d'une hélice continue. A cet effet, le fil 49 traverse un guide 50, monté sur un doigt 51 solidaire du chariot 44, le mouvement de rotation de la vis sans fin 37, commandé à partir du moteur 39 entraîné en rotation à vitesse uniforme, étant transformé en un mouvement de translation du chariot bobineur 44 parallèlement à l'axe du mandrin grâce à une tige coulissante 52 parallèle à la vis 37, montée entre les flasques 32 et 33 du bâti 28 et sur laquelle glisse le chariot.

Grâce à ces dispositions, le chariot bobineur 44 dépose sur la surface externe du mandrin 10 formé des secteurs adjacents 11, une première nappe où le fil 49 se répartit selon une première direction transversale d'une extrémité à l'autre du cylindre, avec un pas d'enroulement déterminé par le filetage de la vis 37, le déplacement du chariot et la vitesse d'enroulement du fil étant coordonnés entre eux d'une extrémité à l'autre du mandrin, où un organe de sécurité (non représenté) arrête le chariot, par exemple, en échappant à la commande de la vis 37. Bien entendu, il va de soi qu'en modifiant le pas de la vis d'entraînement ou les rapports des pignons de commande, il est possible de déposer le fil dans la nappe de façon jointive, superposée ou espacée, selon les caractéristiques du corps à fabriquer. De même, pour chaque nappe du genre décrit ci-dessus, on peut prévoir de ramener le chariot bobineur à une extrémité du mandrin, l'entraînement s'effectuant toujours dans le même sens, ou bien d'inverser le sens de rotation de la vis pour réaliser une course du chariot alternativement d'un côté à l'autre et vice versa.

Une fois le dépôt sur la mandrin 10 de la première nappe de fil réalisé, l'appareil assure la mise en place d'une deuxième nappe, au moyen d'un fil s'étendant de préférence perpendiculairement à la direction dans la première nappe, notamment dans le cas présent selon des génératrices successives du cylindre. A cet effet, l'appareil utilise un second chariot 53 dit chariot trameur, guidé sur deux tiges 54 et 55, parallèles entre elles et à l'axe 24 du

mandrin 10. Ce chariot 53 comporte une extension latérale, munie d'une pince 56 rendant le chariot solidaire d'un câble d'entraînement 57 en boucle fermée sur elle-même. Ce câble est guidé d'une part sur une poulie de renvoi 58 dont l'axe 59 est monté libre dans une lumière horizontale 60 prévue dans une plaque latérale 61 appartenant au flasque 32 du bâti 28 pour en régler sa tension, d'autre part sur une poulie d'entraînement 62, commandée par un moteur 63 reposant sur un rebord 64 du flasque 33 en étant immobilisé sur celui-ci par des colliers 65. Le chariot trameur 53

10 comporte également un guide 66 pour un fil, filament ou autre, 67, alimentant le chariot 53 en étant dévidé à partir d'une bobine 68 à friction réglable, montée sur un axe 69. Comme le fil 49 de la première nappe, le fil 67 de la seconde peut se présenter sous toute forme adaptée, notamment en tresses, torons, mèches..., selon

15 la nature des fibres ou filaments qui le constituent et les caractéristiques du corps à obtenir.

La mise en place du fil 67 de la seconde nappe selon les génératrices du cylindre 10 est réalisée en utilisant les picots 27 fixés sur les couronnes d'extrémité 14 et 15 du mandrin 10

20 (Fig. 2). A cet effet, l'extrémité libre du fil 67 ayant été réunie à l'un des picots de la couronne 14 par exemple, le déplacement longitudinal du chariot 53 sur les tiges 54 et 55 est commandé en direction de l'autre couronne 15 à l'extrémité opposée, de façon à se déposer sur la surface du cylindre déjà recouverte par la

25 première nappe du fil 49 préalablement formée. A l'extrémité opposée, lorsque le fil 67 dépasse le picot de la couronne 15 en regard du picot initial sur la couronne 14, au léger décalage angulaire de ces picots près, la commande du mandrin 10 est provoquée par le

30 moteur 39 fonctionnant pas à pas, en même temps qu'est inversé le sens de rotation du moteur 63. Le chariot 53 repart donc en sens inverse, le fil 67 revenant sur le picot 27 correspondant, en passant de l'autre côté de celui-ci et en réalisant une tension convenable de ce fil. Le processus se répète tout autour du mandrin

35 jusqu'à rotation complète de celui-ci de 360°. Naturellement, lors de cette opération de dépôt de la seconde nappe, le premier chariot 44 du chariot bobineur est mis en attente, hors de prise notamment avec sa vis d'entraînement 37.

Selon l'invention, le mandrin 10 est ainsi revêtu, nappe par nappe, de couches des fils 49 et 67 jusqu'à obtenir une épaisseur déterminée, voisine de celle du corps final à fabriquer. Une fois ces opérations réalisées, le mandrin 10 revêtu d'un empilement 71 du genre ainsi défini est prêt à recevoir la troisième direction de fil, celle-ci étant rapportée par un processus de couture en lui-même relativement classique.

Dans ce but, le mandrin 10 avec l'empilement 71 est transféré dans un second poste dont la Fig. 4 illustre schématiquement la réalisation. Le mandrin 10 est préalablement séparé de son arbre d'entraînement 24, puis de ses joues d'extrémité 19 et 20, l'ensemble restant, comportant les secteurs 11 et les couronnes 14 et 15, étant ensuite enlevé puis déposé sur une plaque support 72. Cette dernière comporte quatre colonnes verticales 73, comprenant chacune un pignon denté 74, ces pignons coopérant deux par deux avec les dentures 18 prévues sur les couronnes 14 et 15 de manière à permettre l'entraînement du mandrin et sa rotation commandée autour de son axe. L'un des pignons 74 comporte notamment un axe 75 terminé par un volant 76, permettant à l'opérateur de provoquer manuellement ou par toute commande de renvoi appropriée, le pivotement du mandrin 10 sur lui-même selon un angle de rotation déterminé. La plaque 72 repose par quatre tiges filetées permettant d'ajuster l'horizontalité de son plan sur un chariot 78, muni de quatre roues 79 roulant deux par deux sur des rails de guidage latéraux, respectivement 80 et 81, montés sur un socle de base fixe 82. Sur ce socle est montée, parallèlement aux rails, une crémaillère 83 dont les dents 84 sont espacées d'une amplitude égale à celle de deux points de la couture à réaliser. Le déplacement du chariot 78 est à cet effet contrôlé par deux électro-aimants 85 et 86, dont les noyaux actionnent deux pistons 87 et 88 commandés alternativement de telle sorte que l'un des pistons étant en contact avec une dent de la crémaillère et l'autre en portée à la moitié de la distance entre les deux dents, le chariot avance à chaque fois de la moitié de la distance entre ces deux dents. Le chariot 78 est fixé à un câble 89 passant sur une poulie de renvoi 90 et réuni à <sup>un</sup> contre-poids 91, permettant d'exercer une traction sensiblement constante et, en combinaison avec les électro-aimants de contrôle, de provoquer l'avance pas à pas de ce chariot.

La Fig. 4 illustre également la machine à coudre mise en oeuvre dans l'appareil, cette machine dont le principe de fonctionnement

est déjà connu, étant convenablement adaptée pour l'application particulière qui en est faite. Notamment, cette machine comporte un bâti support 100, reposant sur le socle 82, ce bâti comprenant deux bras 101 et 102, s'étendant parallèlement à l'axe du mandrin

5 10. A l'extrémité du bras 101 destiné à s'engager à l'intérieur du mandrin 10 à travers l'ouverture de la couronne 14 ou 15 située en regard, est disposée une passette 103, tandis que le bras 102 disposé au-dessus du cylindre 10, comporte à son extrémité une tête 104 sous laquelle dépasse une aiguille 105, montée en regard de la  
10 passette 103 et destinée à venir coopérer avec cette dernière à travers le mandrin 10 pour la réalisation d'un point de chaînette de part et d'autre de l'empilement 71.

La Fig. 5 illustre avec plus de détails la réalisation pratique de la machine à coudre permettant d'effectuer la mise en  
15 place du troisième fil dans l'empilement 71. Comme on le voit sur cette figure, l'aiguille 105 portée par la tête 102 est d'un type classique et comporte à son extrémité inférieure un bec 106, au-dessus duquel est articulé un clapet basculant 107 apte à former avec le bec un oeillet où chas recevant le fil de couture 108, <sup>qui</sup> comme  
20 les fils 49 et 67 des nappes préalablement déposées sur le mandrin 10, peut être constitué de mèches, de tresses, de torons ou sous toute autre présentation adéquate. Ce fil de couture 108 est alimenté à partir d'une ou plusieurs bobines (non représentées) à friction réglable et coulisse dans un guide coudé 109, porté par une  
25 plaquette 110 elle-même solidaire d'une tige mobile 111, l'ensemble constitué par le guide 109 et la tige 111 constituant la passette 103. Le bras 101 est en outre prolongé vers l'avant au-delà de l'extrémité de la tige 111, par une équerre 112 à l'extrémité de laquelle est fixée une plaquette souple 113 permettant, de la manière  
30 qui sera explicitée plus loin, d'assurer la fermeture du clapet 107 à la remontée de l'aiguille 105. Celle-ci est portée par un fourreau 114 mobile à l'intérieur de la tête 104 à l'aide de moyens qui seront également décrits en référence à la Fig. 6.

La tige 111 de la passette 103 se prolonge à l'intérieur  
35 du bâti support 100 et est rendue solidaire à son extrémité opposée de deux bagues 115a et 115b entre lesquelles est monté un collier 115 à l'intérieur duquel la tige 111 peut tourner librement. Ce collier 115 comporte une bague de guidage 116 coulissant sur une tige transversale fixe 117 solidaire par une plaque de fixation 118  
40 de la surface interne d'un boîtier 119 dont la position en hauteur

à l'intérieur du bâti 100 peut être réglée par une vis 120 touril-  
lonnant librement dans la paroi en regard du boîtier et coopérant  
avec une partie filetée formant écrou 121, prévue dans le fond de  
ce bâti. La vis 120 permet ainsi de déplacer le boîtier 119 dans le  
5 bâti 100 de façon à amener à une hauteur convenable le bras 101 de  
la passette 103 au travers d'une fente 122 de ce bâti pour ajuster  
la position relative de la passette par rapport à l'aiguille à  
l'intérieur du mandrin 10. Le collier 115 comporte à son extrémité  
opposée un galet prisonnier 123, roulant dans la rainure profilée  
10 124 d'une came 125, celle-ci permettant lors de sa rotation autour  
de son axe 126 parallèle à la tige 111 de faire subir à cette der-  
nière un déplacement transversal alternatif transmis au guide 109  
et par suite au fil 108 à la sortie de ce dernier, au voisinage du  
bec 106 de l'aiguille 105. L'arbre 126 de la came 125 comporte  
15 également une seconde came 127 et tourillonne dans des paliers 128  
et 129 prévus à l'intérieur du boîtier 119. Cette seconde came 127  
coopère avec un galet 130 monté fou à l'extrémité d'un bras 131  
terminé par un collier 132 solidaire de la tige 111. Un ressort  
132a assure en permanence le rappel du bras 131 et l'application du  
20 galet 130 contre la came 127. Cette dernière est excentrée sur l'ar-  
bre 126. Lors de son entraînement en rotation, elle provoque le  
débattement latéral du galet 130 et par suite la rotation de la tige  
111. Grâce à l'action combinée des deux comes 125 et 127, la tige  
111 portant la passette 103 et distribuant notamment le fil 108  
25 subit ainsi un double mouvement, de déplacement axial par la came  
125 d'une part et de rotation sur elle-même par la came 127 d'autre  
part.

Cette combinaison permet au guide 109 de décrire autour  
de l'extrémité de l'aiguille 105 un mouvement selon une courbe  
30 approximativement circulaire fermée sur elle-même, au cours duquel  
le fil 108 est dévidé de sa bobine, puis engagé dans le bec de l'ai-  
guille à chaque descente de celle-ci au travers de l'empilement des  
nappes 71.

L'arbre de commande 126 des comes 125 et 127 est rendu  
35 solidaire d'un pignon d'entraînement 133 coopérant avec une chaîne  
134, elle-même en prise avec un second pignon de commande 135. Ce  
dernier est fixé sur un axe transversal 136 tourillonnant sur des  
paliers 137 et 138 montés sur le fond supérieur du boîtier 119. A  
son extrémité, l'arbre 136 comporte un pignon conique 139, engre-

nant avec un pignon de renvoi 140 solidarisé d'un arbre vertical 141 par une clavette (non représentée) engagée dans une rainure longitudinale 141a permettant le coulisement relatif de ce pignon 140 lors des déplacements du boîtier 119 dans le bâti 100. L'arbre 5 141 comporte à son extrémité opposée un autre pignon conique 142 recevant son mouvement d'un second pignon 143, lui-même fixé sur un arbre de commande générale 144. Ce dernier est enfin muni d'un pignon 145 coopérant avec une chaîne 146, elle-même reliée à un moteur d'entraînement (non représenté). Sur l'arbre 144, est également claveté un second pignon 147 dont le mouvement est renvoyé 10 sur un pignon 148 par l'intermédiaire d'une chaîne 149, ce pignon 148 monté sur un arbre transversal 150, entraînant à son tour deux cames parallèles 151 et 152 actionnant des relais (non représentés), commandant par des connexions appropriées, la mise sous tension 15 des électro-aimants 85 et 86 contrôlant le déplacement du chariot 78 sur la crémaillère 83 (Fig. 4).

La Fig. 6 illustre à plus grande échelle la tête de couture 104 actionnant l'aiguille 105. Celle-ci montée dans son fourreau 114 est bloquée par rapport à celui-ci au moyen de vis 20 159. Ce fourreau 114 est solidaire, à l'intérieur du boîtier 160 de la tête, d'une plaquette transversale 161, comportant une lumière horizontale 162. A ses extrémités, la plaquette 161 est solidaire de deux douilles de guidage 163 et 164, coulissant le long de colonnettes 165 et 166 et présentant chacune une tête d'arrêt 25 167 à l'extérieur du boîtier 160 et à leurs extrémités opposées, une partie filetée coopérant avec un écrou 168 et une rondelle d'appui 169. La lumière transversale 162 de la plaquette 161 coopère avec un téton 170 prévu à la périphérie d'un disque 171 dont le diamètre correspond à l'amplitude du mouvement axial de l'aiguille 105, ce 30 disque étant fixé sur l'extrémité de l'arbre de commande 144 se prolongeant dans le bras 102 (Fig. 5). La rotation de cet arbre 144 entraînant le téton 170 est ainsi transformée en un débattement alternatif pour la plaquette 161, transmis à l'aiguille 105, permettant à celle-ci de traverser l'empilement des nappes 71 sur le mandrin 10, puis par entraînement du fil 108, de réaliser le point de 35 couture désiré.

Le passage de l'aiguille 105 à travers l'empilement 71 et la prise du fil 108 à la sortie du guide 109 de la passette 103, postulent évidemment que le mandrin 10 ne s'oppose pas à l'avance

de cette aiguille et notamment qu'il puisse être lui-même, comme l'empilement des nappes, traversé par celle-ci. A cet effet et selon une disposition caractéristique de la présente invention, le mandrin creux 10 est aménagé pour offrir au passage de l'aiguille  
5 une lacune suffisante pour la réalisation d'au moins une ligne de couture, s'étendant, dans l'exemple considéré, selon une génératrice de ce mandrin. Cette lacune est aisément réalisée au droit de l'aiguille et de la passette dans le plan vertical de ces deux organes, en retirant momentanément du mandrin le secteur 11 correspondant,  
10 par simple enlèvement des vis 16 (Fig. 2), ce secteur étant ensuite remis en place après réalisation de la ligne de couture. Une opération similaire est ensuite effectuée pour chaque secteur à tour de rôle au fur et à mesure de la réalisation des lignes de couture selon la périphérie du mandrin.

15 La Fig. 7 représente par une série de schémas successifs, le processus de formation du point de couture dans l'épaisseur de l'empilement des nappes 71, par l'intermédiaire de l'aiguille 105 et de la passette 103 à travers la lacune du mandrin préalablement réalisée par l'enlèvement d'un des secteurs de celui-ci. Sur le  
20 schéma a, l'aiguille 105 est en position haute de départ et la passette 103 derrière l'aiguille, en arrière du point de couture précédent. La tige 111 (non représentée) est en position rétractée, le fil 108 faisant sur le dessus de l'empilement 71 une boucle 180 engagée dans le bec 106. L'aiguille amorçant sa descente, le clapet  
25 107 est ouvert, en étant repoussé par la boucle 180. Dans la phase suivante, illustrée sur le schéma b, l'aiguille 105 est animée d'un mouvement de descente par la tête de couture 104 et perce l'épaisseur de l'empilement 71. Dans ce mouvement, l'aiguille coulisce dans la boucle 180, le clapet restant ouvert et orienté vers le haut.  
30 Pendant ce même mouvement, la tige 111 et le guide 109 s'avancent sous l'effet de la came 125 (Fig. 5) et présentent le fil 108 au droit de l'aiguille. Dans la troisième phase, représentée sur le schéma c, l'aiguille 105 poursuivant son mouvement de descente amène son bec 106 à un niveau où le mouvement de basculement de la tige  
35 111, commandé par la came 127, oblige le fil 108 à s'engager dans le bec. Dans la phase suivante, illustrée sur le schéma d, l'aiguille continue son mouvement de descente de telle sorte que la plaquette souple 113 dépasse le niveau du clapet en échappant à celui-ci et en se plaçant légèrement au-dessus. Dans la phase suivante, repré-



sentée sur la schéma e, l'aiguille commence sa remontée, la plaque 113 fermant le clapet 107 qui emprisonne le fil 108 ; simultanément, la passette 103 revient rapidement en arrière sous l'effet du déplacement inverse de la tige 111 par la came 125. Le clapet  
5 maintenu rabattu maintient le fil 108 dans le bec 106. Le fil est alors entraîné (schéma f) par l'aiguille avec un frottement minimal à travers l'épaisseur de l'empilement 71 et poursuit son mouvement jusqu'à traversée de la boucle 180, l'aiguille étant à son point le plus haut (schéma g). La passette bascule alors sous l'effet de la  
10 came 127, tandis que l'aiguille amorce son mouvement de descente pour la réalisation du point de couture suivant, la boucle ouvrant le clapet pour ramener les pièces dans leur état initial (schéma h). Le cycle recommence ensuite, la distance séparant deux points de couture successifs correspondant au demi-écart entre deux dents 84 de  
15 la crémaillère 83 (Fig. 4), la commande alternative des électro-aimants 85 et 86 ayant au cours du cycle réalisé le déplacement relatif du mandrin par rapport à l'aiguille de la distance correspondante.

La répétition du cycle ci-dessus réalise à travers  
20 l'empilement 71 des nappes, une ligne de couture continue à points de chaînette consécutifs, assurant la cohésion de l'ensemble par mise en place dans l'épaisseur du tissu de fils perpendiculaires à ceux des nappes, résultant pour leur part des opérations de tramage et de bobinage. Une fois l'empilement des nappes cousu selon une  
25 génératrice, les éléments de la machine, notamment le chariot 78, sont ramenés à leur point de départ. Le mandrin 10 subit ensuite autour de son axe propre une rotation convenable, commandée par le volant 76, pour amener l'aiguille et la passette à l'endroit où doit être réalisée une nouvelle ligne parallèle à la précédente mais  
30 décalée par rapport à celle-ci. Avantagement, les lignes de couture sont effectuées par zones successives décalées sur la périphérie du mandrin, de manière à répartir convenablement dans l'épaisseur de celui-ci la troisième direction de fil. A chaque fois, l'opération de couture nécessite l'enlèvement préalable du secteur 11  
35 disposé en regard de manière à laisser libre le passage de l'aiguille. Un fois plusieurs lignes de couture effectuées, le secteur est remis en place, le processus se répétant autant de fois que nécessaire et de la même manière avec tous les secteurs du mandrin jusqu'à obtenir une densité adéquate des lignes de couture et,  
40 partant, des fils de la troisième dimension dans l'épaisseur du tissu.

Une fois la totalité des coutures effectuée, il suffit de retirer les couronnes d'extrémité 14 et 15 avec les picots 27, puis les secteurs 11, de manière à démonter le mandrin et à dégager le corps de révolution tri-dimensionnel réalisé.

5           La Fig. 8 illustre une variante de réalisation du mandrin support cylindrique permettant selon le procédé et à l'aide de l'appareil décrit en relation avec les Fig. 2 à 7, de réaliser un corps de même forme en tissu tri-dimensionnel. Dans cette variante, le mandrin est constitué d'une forme cylindrique 200, creuse et comportant  
10 une fente ou lacune longitudinale 201. Cette forme 200 est montée par l'intermédiaire de roulements à billes 202 sur des couronnes d'extrémité, respectivement 203 et 204 qui, comme dans l'exemple de la Fig. 2, comportent à leur périphérie une denture 205 permettant l'entraînement du mandrin autour de son axe. Sur ces couronnes,  
15 sont fixées des joues d'extrémité dont une seule 206 est vue sur le dessin, comportant un manchon central 207 et une vis de blocage 208 pour le passage et l'immobilisation d'un arbre d'entraînement (non représenté). Enfin, les couronnes 203 et 204 comportent une série de trous 209 dans lesquels sont engagés des picots 210 pour le  
20 guidage et la tension du fil lors du dépôt des nappes de trame selon la direction des génératrices du cylindre, ces picots étant répartis sur les couronnes avec une densité correspondant au nombre des fils à déposer. Dans cette variante, les couronnes 203 et 204 sont également associées à une série de barres cylindriques 211, régulièrement réparties autour de la périphérie de la forme 200 et  
25 montées entre la surface de celle-ci et les bords rentrants des couronnes 203 et 204 sur des roulements à billes 212 autorisant leur libre rotation par rapport à ces couronnes. Le dépôt de la première nappe de fils s'enroulant en hélice sur la périphérie des rouleaux  
30 211 est réalisé comme dans l'exemple déjà décrit, de même que la superposition sur cette première nappe de la seconde entre les picots 210 des couronnes d'extrémité. C'est seulement au niveau de la troisième direction de fil, réalisée par la couture de l'empilement des nappes que la mise en oeuvre du mandrin se différencie de l'exemple  
35 précédent. Dans la présente variante en effet, la fente 201 de la forme cylindrique 200 est amenée en regard d'un vide ménagé dans l'assemblage des barres 211 par suppression d'une quelconque de ces dernières. Un ergot ou doigt de verrouillage (non représenté) permet de solidariser la cage formée par les barres, les couronnes d'extré-

mité et la forme cylindrique, de manière à placer en coïncidence la fente de cette dernière et le vide ainsi créé, autorisant pour l'aiguille de couture la traversée du mandrin et la réalisation d'une ligne de couture selon la direction de la fente 201. Pour 5 effectuer ensuite d'autres lignes de couture, il suffit sans autre modification de la cage des barres autour de la forme cylindrique interne, de dégager le doigt de verrouillage et de faire tourner l'empilement des nappes sur les barres grâce aux roulements prévus en bout de ces dernières, pour amener au droit de la fente 201 cha- 10 que zone du corps cylindrique où doit être réalisée une couture.

Comme on l'a déjà précisé, le procédé selon l'invention ne se limite pas à la réalisation de corps tri-dimensionnels en forme de cylindres creux du genre obtenu avec l'appareil décrit dans l'une ou l'autre des deux variantes précédentes. Notamment, le pro- 15 cédé peut être mis en oeuvre pour la fabrication de corps ou pièces présentant d'autres profils, par exemple pour la réalisation de troncs de cône, à l'aide d'une contre-partie rigide ou mandrin creux de même forme et dont la Fig. 9 illustre un mode de réalisation particulier.

20 Sur cette figure, le mandrin adopté, désigné par la référence 220, est constitué comme dans l'exemple de la Fig. 2, par l'assemblage de secteurs fuselés longitudinaux 221, de profil adapté, délimitant entre eux des jeux de montage 222, ces secteurs 221 étant maintenus grâce à des embrèvements 223 ménagés en bout de ces sec- 25 teurs entre deux couronnes d'extrémité dont une seule, désignée par la référence 224, apparaît sur le dessin. Cette couronne 224, est solidarisée d'une joue d'extrémité 225, munie d'un manchon central 226 et d'une vis de blocage 227 pour le passage et l'immobilisation d'un arbre d'entraînement (non représenté). La couronne 224 comporte 30 également une denture extérieure 228 permettant, en l'absence de l'arbre d'entraînement, d'assurer la rotation du mandrin conique 220, notamment lors de la couture des nappes empilées sur ce dernier. Enfin, le mandrin 220 est associé à une série de picots radiaux 229, répartis à la fois dans des trous 230 ménagés dans chaque couronne 35 d'extrémité, mais également dans des logements analogues prévus selon les génératrices des secteurs 221, avec un espacement qui dépend du profil du cône et de la densité de recouvrement de celui-ci par les nappes à y déposer.

Mais si la forme du mandrin sur lequel doit être réalisé

le corps en tissu tri-dimensionnel, ne présente pas de difficultés particulières pour sa réalisation, notamment pour lui donner un profil en tronc de cône, il exige certaines adaptations spéciales de l'appareil permettant de déposer sur sa surface externe les nappes successives formant l'empilement épais nécessaire et également pour effectuer ensuite sur cet empilement, les lignes de couture réalisant la troisième direction du tissu.

Sur la Fig. 10, on a représenté la première partie de la machine ainsi adaptée à la forme conique du mandrin, pour déposer sur celui-ci des nappes successives selon des directions respectivement circonférentielle et sensiblement axiale. Le mandrin 220 est monté par l'intermédiaire de ses joues d'extrémité 225 sur un arbre d'entraînement 231, l'ensemble étant à nouveau disposé sur un bâti support 232, muni de flasques latéraux parallèles 233 et 234. L'arbre 231 comporte un pignon d'entraînement 235 coopérant avec une chaîne 236, elle-même commandée par un moteur 237. Le mouvement de la chaîne est renvoyé sur un deuxième pignon 238 qui transmet son mouvement avec un rapport de démultiplication convenable à une vis sans fin 239, supportée par le bâti 232, cette vis 239 réalisant le déplacement axial d'un premier chariot 240 formant écrou, dit chariot bobineur. Le mouvement de rotation de la vis 239 est transformé pour le chariot 240 en un mouvement de translation axiale par rapport au mandrin conique 220, grâce à une barre parallèle 241 sur laquelle coulisser ce chariot. Ce dernier supporte une bobine à friction réglable 242 et un guide-fil 243 monté libre dans deux bras supports 244 et 245. Le guide 243 comporte un ergot 246, coulissant dans une rainure 247, ménagée entre deux tiges 248 et 249 montées dans le bâti 232 et parallèles aux génératrices du tronc de cône du mandrin 220. A leurs extrémités, ces tiges 248 et 249 sont rendues solidaires de deux blocs 250 et 251 assurant leur entretoisement et coopérant avec des vis de blocage 252, de telle sorte que l'orientation relative de ces tiges puisse être réglée par le déplacement de ces vis dans des rainures allongées 253 et 254 prévues dans deux tablettes 255 et 256 portées par les flasques latéraux 233 et 234 du bâti 232. A son extrémité dirigée vers le mandrin 220, le guide-fil 243 comporte une partie en équerre 257 à l'extrémité de laquelle est monté un électro-aimant 258. Celui-ci coopère avec une plaquette métallique flexible 259, disposée en regard et munie en bout d'un élément de tube ou douille 260 à travers laquelle passe le fil 261 dévidé de la bobine 242, ce fil étant destiné à former sur le man-

drin 220 la première nappe, en s'enroulant sur celui-ci selon une hélice criconférentielle. L'électro-aimant 258 a notamment pour but de permettre le bobinage régulier du fil 261, en évitant au cours de son enroulement des picots 229 qui, dans le cas particulier du mandrin conique et comme illustré sur la Fig. 9, sont répartis non seulement sur les couronnes d'extrémité 224 mais également selon la longueur des secteurs 221 du mandrin.

Comme dans le mode de réalisation mettant en oeuvre un mandrin cylindrique, l'appareil comporte un second chariot 262, dit chariot trameur, apte à réaliser sur le mandrin conique, le dépôt de nappes d'un second genre où les fils présentent une orientation approximativement axiale et sensiblement perpendiculaire à l'orientation circonférentielle des fils des premières nappes. Ce chariot 262 est également guidé sur deux tiges parallèles 263 et 264 orientées parallèlement aux génératrices du tronc de cône du mandrin 220. A cet effet, ces tiges sont solidarisées à leurs extrémités de deux plaquettes 265 et 266, prolongées par des barres de positionnement 267 et 268 coopérant chacune avec un écrou d'immobilisation 269 mais dont la position peut être réglée par coulissement dans des rainures 270 et 271 ménagées dans les flasques latéraux 233 et 234 du bâti 232. Le chariot 262 comporte une pince 272, en prise avec un câble 273 guidé sur une poulie de renvoi réglable 274 et coopérant avec une poulie d'entraînement 275 commandée par un moteur 276, ce câble assurant le déplacement du chariot 262 sur les tiges 263 et 264 parallèlement aux génératrices du mandrin conique 220. Le chariot 262 comporte enfin un guide-fil en forme de tube ou de douille 277 pour un fil 278 dévidé à partir d'une bobine (non représentée), ce guide-fil étant susceptible de se déplacer transversalement dans une rainure 279 du chariot sous l'effet d'un second électro-aimant (également non représenté) monté à l'intérieur du chariot, de manière à permettre, comme pour le fil des premières nappes, d'échapper autant que de besoin aux picots 229 prévus dans la surface du mandrin 220, notamment sur les secteurs 221 de ce dernier lors de l'opération de tramage.

La Fig. 11 explicite avec plus de détails la mise en oeuvre pratique des chariots bobineur 240 et trameur 262, et la mise en place des fils 261 et 278 sur la surface externe du mandrin 220, pour réaliser la superposition de nappes orientées selon deux directions différentes. En effet, la forme du mandrin en tronc de cône nécessite pour la mise en place des nappes, certaines adaptations

pour obtenir à travers l'empilement à réaliser une densité sensiblement homogène, les directions des fils n'étant pas, du fait de la nature même du support sur lequel elles sont appliquées, rigoureusement perpendiculaires entre elles.

5 Il convient en effet, quelle que soit la section du tronc de cône considéré, que la nombre de fils au centimètre soit sensiblement constant, ceci pour obtenir un tissu présentant des propriétés identiques dans toutes les directions. C'est à cet impératif que répond la présence des picots 229, non seulement dans les couronnes  
10 d'extrémité du mandrin conique 220, mais également dans les secteurs longitudinaux 221 de ce dernier.

Le mandrin 220 ayant été, préalablement au bobinage de la première nappe, garni dans ses couronnes d'extrémité et dans ses secteurs longitudinaux d'un certain nombre de picots 229 convenable-  
15 ment répartis, on dispose dans un premier temps sur ce mandrin le fil 261 à l'aide du chariot bobineur 240 selon une direction circonférentielle. A cet effet, la rotation du mandrin est synchronisée dans un rapport d'entraînement convenable, avec celle de la vis sans fin 239, de telle sorte que le chariot 240 se déplace par rapport à ce  
20 mandrin en réalisant sur celui-ci une hélice sensiblement continue, à spires jointives ou avec un recouvrement ou un espacement préalablement déterminé. Dans cette première opération, le guide-fil 243 permet de maintenir sensiblement constante la distance entre la douille 260 et la surface du mandrin grâce au coulisement du doigt  
25 246 entre les tiges 248 et 249, parallèles aux génératrices du tronc de cône. Dans ce mouvement, la douille 260 évite de buter sur les picots 229 grâce à l'électro-aimant 258 commandant le léger déplacement transversal de la plaquette 259 nécessaire, au fur et à mesure du bobinage circonférentiel. Sur la Fig. 11, le trajet suivi par la  
30 douille 260 délivrant le fil 261 par rapport à la surface du mandrin conique est schématiquement représenté.

Une fois le bobinage terminé, la mise en place de la seconde nappe s'effectue selon une direction approximativement axiale avec toutefois un léger décalage du chariot pour réaliser, également  
35 selon cette direction, une densité dans la nappe sensiblement homogène. Le processus consiste, comme dans l'exemple précédent, à relier tout d'abord l'extrémité du fil 278 à un des picots 229 d'une des couronnes d'extrémité 224, puis à faire subir au chariot trameur 262 un mouvement de déplacement parallèle à l'axe du mandrin 220.

Le fil 278 vient de la sorte jusqu'à la couronne d'extrémité opposée, tourne autour du picot 229 prévu en regard, puis revient vers la couronne initiale. Après avoir à nouveau tourné autour d'un second picot de cette dernière, le fil se dépose derechef sur la surface du mandrin, le mouvement du chariot étant arrêté avant d'atteindre la seconde couronne sur un picot 229 repéré sur le secteur 221 correspondant et ainsi de suite avec des diminutions successives au fur et à mesure du recouvrement de la surface du mandrin. Comme pour le chariot bobineur, les mouvements de va-et-  
10 vient du chariot trameur 262 sont combinés avec un léger débattement à l'intérieur de la lumière 279 de la douille 277 délivrant le fil 278 sous l'effet de l'électro-aimant porté par ce chariot, de manière à éviter sa rencontre avec les picots répartis le long des secteurs 221, et permettre au contraire de tourner autour de ceux-ci  
15 à chaque inversion de sens de défilement du chariot. Compte tenu de l'orientation légèrement oblique ainsi rendue nécessaire pour la répartition du fil 278 entre les picots 229, le mandrin 220 doit à chaque course du chariot 262, se décaler légèrement par rapport à sa direction axiale, notamment si les dimensions relatives du mandrin en largeur sont importantes par rapport à ses dimensions longitudinales, c'est-à-dire si l'angle au sommet du tronc de cône est assez grand, exigeant pour les nappes de trame une orientation oblique sur l'axe non négligeable. Dans ce but, on prévoit notamment de modifier l'orientation de la rainure 271 et de monter en bout  
20 d'une des barres de guidage du chariot 262, par exemple à l'extrémité de la barre 268, coopérant avec cette rainure, une pièce transversale 280 dont la partie centrale carrée 281, est prolongée par des tiges 282 coulisant dans des oreilles 283 et 284 du bâti. Cette partie carrée 281 présente une crémaillère coopérant avec un  
25 secteur denté 285. Ce dernier est articulé sur un embout 286 prévu à l'extrémité de la tige 287 d'un vérin 288, qui permet ainsi de décaler légèrement l'orientation relative des tiges 263 et 264 assurant le guidage du chariot 262 par rapport à la génératrice du mandrin et de réaliser le passage du fil entre les picots 229. Bien entendu,  
30 à la fin de chaque série de diminutions successives, le chariot trameur recommence son cycle après que le mandrin ait été tourné autour de son axe par l'arbre 231 d'un angle convenable.

Avantageusement, la commande des chariots bobineur et trameur et ainsi que des électro-aimants associés au guide-fil  
40 de ces chariots, est mémorisée d'après la répartition des picots

implantés sur la surface du mandrin. Par ailleurs, la commande des chariots est de préférence contrôlée par un variateur de telle sorte que la vitesse linéaire des fils soit sensiblement constante pendant toute la durée du bobinage et du tramage.

5 Une fois l'empilement des nappes ainsi réalisé, le mandrin 220 est retiré et amené sur une seconde partie de la machine, réalisant la couture de l'empilement selon une série de lignes de couture radiales et contiguës, convenablement réparties dans l'épaisseur de l'empilement. Cette seconde partie  
10 est illustrée sur la Fig. 13.

On retrouve sur cette figure, des dispositions sensiblement analogues à celles envisagées dans le premier exemple de réalisation, notamment un corps de machine à coudre 300, comportant deux bras parallèles 301 et 302 supportant respectivement  
15 une passette 303 et une tête de couture 304 munie d'une aiguille 305. Le mandrin 220 revêtu de son empilement de nappes 306 est monté dans un berceau formé par quatre pignons dentés 307 coopérant deux par deux avec les dentures 228 prévues sur les couronnes d'extrémité du mandrin, ces pignons 307 étant montés à  
20 l'extrémité de quatre colonnes 308 prévues sur une plaque-support 309. Cette dernière repose par des pieds réglables 310 sur un chariot 311, en appui sur un socle de base 312 par l'intermédiaire de quatre chemins de roulement 313, 314, 315 et 316, coopérant chacun avec une roue 317 du chariot 311.

Selon une disposition particulière adaptée au cas précisé où le mandrin 220 présente une forme conique, les quatre chemins de roulement 313 à 316 sont inclinés sur l'horizontale par rapport au plan du socle 312 de façon que, lors du déplacement du chariot 311, celui-ci s'élève par rapport au plan du socle, en maintenant la génératrice du mandrin conique 220 selon laquelle  
30 doit être réalisée une ligne de couture, à une distance uniforme de la tête 304 et de la passette 303, cette dernière étant dans cette position décalée par rapport à l'axe du mandrin. Dans ce but, l'un des chemins de roulement du chariot, par exemple le chemin 313, est associé sur sa surface latérale externe à une  
35 crémaillère 318, coopérant avec des pistons plongeurs commandés par deux électro-aimants 319 et 320 prévus sur le chemin de roulement et dont la commande alternative, comme dans le précédent exemple, permet de faire avancer le chariot 311 pas à pas, d'une



distance à chaque fois égale à celle qui sépare les dents successives de la crémaillère. Le déplacement de celui-ci est réalisé au moyen d'un bras 321 articulé en 322 sur la tige d'un vérin 323.

On conçoit toutefois que, pour réaliser une couture  
5 convenable sur l'empilement 306, il convient que l'aiguille 305 de la tête 304 soit elle-même orientée perpendiculairement à la surface du tronc de cône du mandrin. A cet effet, et selon une disposition illustrée sur la Fig. 14, la tête de couture 304 est aménagée de manière à pouvoir basculer par rapport à son bras support  
10 302 d'un angle égal à l'angle au sommet du mandrin conique 220. A cet effet, le bras 302 se prolonge par un manchon coulissant 330 dont la position est arrêtée par rapport au bras à l'aide d'une vis de blocage 331. L'arbre 332, réalisant la commande des débattements de l'aiguille 305, disposé selon l'axe du bras 302, se termine de même  
15 par une douille creuse 303 à l'intérieur de laquelle est monté un axe 334 immobilisé en rotation par rapport à la douille 333 par une clavette 335, ce montage permettant le déplacement axial de l'arbre 334 dans la douille. Cet arbre 334 est guidé dans un palier 336 amenagé au centre d'une plaque 337 fermant l'extrémité du bras 302 et  
20 se termine par un dispositif à cardan 338, comportant une chape 339 pivotant sur la première partie 340 du croisillon du cardan, la seconde partie 341 perpendiculaire à la précédente étant elle-même solidarisée d'une seconde chape 342. Celle-ci est prolongée par une patte de fixation 343 avec la tête 304. Grâce à ces dispositions,  
25 le mouvement de rotation de l'arbre de commande 332 est transmis à l'aiguille 305 par le cardan 338, en tolérant néanmoins un débattement angulaire de la tête 304, l'aiguille 305 de celle-ci étant montée dans un fourreau 334 et bloquée par rapport à celui-ci par une vis 345. Afin de maintenir la tête 304 dans sa position angu-  
30 laire par rapport au manchon 330, cette tête comporte à son extrémité supérieure une plaquette 346 munie d'un pion taraudé 347, coopérant avec une tige filetée 348 dont la position est commandée par un bouton moleté 349. A son autre extrémité, la tige filetée 348 coopère avec un second pion 350 fixé sur une patte 351 liée au  
35 manchon 330.

Quel que soit le mode de réalisation envisagé, le procédé selon l'invention présente l'avantage essentiel de permettre la fabrication de corps ou pièces de formes quelconques, à l'aide de

tissus tri-dimensionnels dans lesquels l'orientation des fils et la répartition de ces derniers peuvent être ajustées à volonté. Grâce en effet, à l'utilisation d'un mandrin-support dont la forme propre reproduit celle du corps à réaliser, ce mandrin étant lui-même formé  
5 d'éléments amovibles permettant, par enlèvements successifs de chacun d'eux de dégager une lacune à travers ce mandrin, nécessaire au passage de l'aiguille de couture, il est possible d'adopter une variété notable de profils divers, résultant notamment de toutes les combinaisons techniquement utiles entre un cylindre, un cône,  
10 un tonneau, une sphère, etc... . Par ailleurs, il va de soi que le procédé permet également de réaliser, avec des moyens largement simplifiés, toute forme parallélépipédique, de section carrée, rectangulaire ou autre, la seule condition nécessaire étant de ménager à travers le mandrin-support sur lequel est effectuée la superposition  
15 des nappes alternées selon les deux premières directions, un passage ou une fente pour la couture selon la troisième direction.

Les dispositions de l'invention offrent ainsi une très grande souplesse d'utilisation, notamment pour le choix des matériaux mis en oeuvre sous forme de fils, filaments, fibres, de fils  
20 texturés, etc... . De même, en plus de la latitude fournie quant au choix de la nature des fils, toutes les variantes peuvent être envisagées quant à la combinaison de ces derniers à travers les différentes nappes du tissu tri-dimensionnel. A titre indicatif, le procédé se prête à la réalisation de tels tissus, en utilisant  
25 aussi bien des monofilaments de douze microns de diamètre, correspondant aux dimensions les plus réduites normalement disponibles dans l'industrie, jusqu'à des fils de fort diamètre, atteignant 2400 tex et plus (un tex correspondant à un élément équivalent en poids à 10.000 mètres de fil de douze microns). A noter toutefois  
30 que la troisième direction de fil, réalisant la couture de l'empilement des nappes selon les deux premières directions, doit être de préférence mais non obligatoirement réalisée avec un matériau relativement plus résistant, avantageusement en utilisant des fils protégés extérieurement par tout procédé chimique ou mécanique en  
35 lui-même connu.

Le procédé de l'invention n'est pas non plus limité dans l'orientation des fils selon l'une quelconque des trois directions du tissu. Ces fils peuvent être en effet orientés selon un angle quelconque préalablement défini, choisi de telle sorte que dans le  
40 matériau composite finalement obtenu, les forces auxquelles il est

soumis rencontrent une résistance appropriée. Ces possibilités permettent notamment d'envisager toute une série de combinaisons, en faisant varier aussi bien l'angle de bobinage, l'angle de tramage ou l'angle de couture. De même, il va de soi que dans chacune  
5 des directions des fils, il est possible d'utiliser des matériaux de nature et d'origine différentes selon les applications envisagées.

Les corps ou pièces en tissus tri-dimensionnels obtenus par le procédé de l'invention peuvent en effet répondre à de nombreux impératifs. Notamment, on a déjà cité la réalisation de  
10 capots protecteurs, corps de rentrée ou boucliers thermiques pour les engins interspatiaux ou les fusées, ces éléments devant à la fois présenter une bonne tenue mécanique à haute température, un excellent pouvoir isolant thermique et une tenue au choc élevée.  
15 Avantageusement, on utilisera pour une telle opération un tissu où la nappe externe assurera l'isolation thermique, en étant réalisée à partir de fils de carbone ou de graphite. Le tissu retenu devant présenter également une résistance mécanique élevée à haute température, on pourra adjoindre aux nappes en fils de graphite situées  
20 dans l'épaisseur du tissu, des fils présentant de hautes performances, du genre de filaments de bore, de carbure de bore et de carbure de silicium. La tenue aux chocs sera obtenue par une ou plusieurs nappes internes en fils de silice fondue, combinées avec des fils de carbone à haute résistance, disposées selon la troisième  
25 direction de couture du tissu.

De la même manière, il est possible, à l'aide du procédé de l'invention, de faire varier l'épaisseur de chacune des nappes et d'imbriquer ces dernières avec la troisième dimension selon  
30 toutes les combinaisons souhaitées. En particulier, la mise en oeuvre du procédé considéré n'est pas limitée par les dimensions des corps à réaliser, celles-ci étant en fait indépendantes des matériaux utilisés, pouvant se présenter selon le cas en fils simples ou torsadés de très faible diamètre ou en mèches à filaments parallèles, de diamètre plus important. Enfin, l'emploi de fils,  
35 fibres ou filaments à très hautes performances mécaniques peut permettre de les utiliser soit seuls, soit en combinaison avec des fibres synthétiques ou autres, le tissu obtenu pouvant être finalement noyé dans une matrice de renforcement en résine polyester,

époxy, polyamide, etc... . Parallèlement, en outre, à la recherche d'un mélange ou d'une combinaison la plus adaptée des fils et des résines, il convient de tenir compte également de la densité relative de ces fils dans les différentes nappes, cette densité pouvant à l'évidence conditionner les performances des tissus obtenus. A titre indicatif, avec des fils torsadés de gros diamètre, on pourra obtenir des tissus dont la résistance à la traction est de l'ordre ou dépasse  $4 \text{ kg/mm}^2$ . Cependant, en remplaçant ces fils torsadés par des fils à filaments parallèles, permettant d'obtenir une densité de nappes relativement plus élevée, il sera possible de réaliser des tissus dont la résistance à la traction atteindra  $15 \text{ kg/mm}^2$ . Dans le même esprit, l'augmentation de la résistance à la traction peut s'accompagner d'un accroissement du module d'élasticité, de la résistance à la compression et de son comportement à l'abrasion, par un choix convenable de la répartition des fils dans les différentes directions des tissus.

Enfin, il va de soi que les tissus tri-dimensionnels réalisés à l'aide du procédé de l'invention peuvent subir en ce qui concerne les fils utilisés, tout traitement préalable approprié. Notamment, les fils de carbone ou de graphite peuvent être infiltrés sous forme de dépôt de pyrolyse, les fils à base de silice étant pour leur part généralement pré-imprégnés d'une résine époxy. De même, le tissu peut, avant imprégnation par la résine de la matrice, subir une finition convenable pour modifier sa structure ou pour améliorer sa dureté ou encore augmenter sa densité initiale.

On donne ci-après à titre également purement illustratif, quelques exemples de réalisation de tissus tri-dimensionnels, réalisés conformément au procédé de l'invention.

#### Exemple 1 :

Fabrication d'un tissu tri-dimensionnel, constitué par des nappes successives d'orientations différentes, notamment à angle droit, de fils de chaîne et de trame en fibre de verre, titrant 236 tex, dont la densité est de dix-huit fibres au centimètre et dont l'épaisseur est de 0,28 mm, l'empilement de soixante-trois nappes étant cousu avec un fil de verre de même titre et de mêmes caractéristiques. Ce tissu présente une épaisseur de 35 mm et une densité d'environ  $1,3 \text{ kg/dm}^3$ .

#### Exemple 2 :

Fabrication d'un tissu tri-dimensionnel utilisant suivant des directions de chaîne ou de trame, des mèches de carbone à 1 000

filaments chacune, dont la densité dans chaque direction est de 20 fils/cm et dont l'épaisseur dans chaque nappe est de 0,25 mm. Un empilement de cinquante couches est cousu avec un fil de carbone à 1.000 filaments par mèche, préalablement traité avec une résine  
5 époxy. Le tissu tri-dimensionnel obtenu présente une épaisseur de 25 mm et une densité d'environ 0,76 kg/dm<sup>3</sup>.

Exemple 3 :

Fabrication d'un tissu tri-dimensionnel utilisant dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame, un fil de silice  
10 titrant 66 tex, dont la densité dans chaque direction est de 2 fils/cm, l'épaisseur de chaque nappe étant de 1,6 mm. La couture de dix nappes est réalisée par un fil de silice titrant 34 tex, avec une densité de couture dans le sens longitudinal et le sens radial de 2,8 fils/cm. Le tissu présente 32 mm d'épaisseur totale  
15 et une densité d'environ 1,2 kg/dm<sup>3</sup>.

Exemple 4 :

Fabrication d'un tissu tri-dimensionnel utilisant dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame, des mèches de graphite de 10 000 filaments, dont la densité dans chaque direction  
20 est de 4 mèches/cm et dont l'épaisseur dans chaque nappe est de 0,25 mm. Un empilement de cent nappes est cousu avec une mèche de carbone de 3.000 filaments, préalablement traitée avec une résine époxy, la densité de couture dans le sens longitudinal et le sens radial étant de 8 mèches/cm. Le tissu tri-dimensionnel obtenu pré-  
25 sente une épaisseur de 50 mm et une densité d'environ 0,95 kg/dm<sup>3</sup>.

Exemple 5 :

Fabrication d'un tissu tri-dimensionnel, du genre "sandwich", obtenu en interposant entre une nappe médiane, deux nappes contiguës d'une autre nature, semblables entre elles. Utili-  
30 sation pour les couches externes du sandwich dans deux directions perpendiculaires de mèches de silice de 666 tex, de densité dans les deux directions égale à 2 fils/cm et dont l'épaisseur dans chaque nappe est de 1,6 mm. Pour la couche médiane, emploi d'un fil de tungstène de 60 microns, dont la densité dans chaque direc-  
35 tion est de 60 fils/cm et dont l'épaisseur dans chaque nappe est de 0,13 mm.

L'empilement formé de trois nappes de fils de silice puis trente nappes de fils de tungstène et enfin trois nouvelles nappes de fils de silice, est cousu par un fil de silice de 34 tex  
40 dont la densité de couture dans chaque direction longitudinale et

radiale est de 2,5 fils/cm. Ce tissu tri-dimensionnel obtenu présente une épaisseur d'environ 22 mm. et une densité de l'ordre de  $10 \text{ kg/dm}^3$ .

Exemple 6 :

- 5                    Fabrication d'un tissu tri-dimensionnel utilisant selon les deux directions perpendiculaires dans deux nappes superposées, des mèches de carbone à 1 000 filaments, dont la densité dans cha-  
cune des directions est de 20 fils/cm et dont l'épaisseur dans  
chaque nappe est de 0,25 mm. Un empilement de soixante nappes est  
10 cousu avec un fil de verre texturé, titrant 136 tex, avec une densi-  
té de couture dans le sens longitudinal et le sens radial, de  
18 fils/cm. Le tissu tri-dimensionnel présente une épaisseur de  
30 mm et une densité de  $0,96 \text{ kg/dm}^3$ .

- Comme il résulte donc de ce qui précède, les différents  
15 exemples ci-dessus n'étant présentés qu'à titre purement indicatif,  
il doit être entendu que l'invention se prête à de nombreuses  
variantes de mise en oeuvre selon les applications plus particuliè-  
rement envisagées. Par ailleurs, il va de soi que l'appareil éga-  
lement décrit pourrait être modifié et adapté selon la forme du  
20 corps en tissu tri-dimensionnel à obtenir. De la même façon, la  
technique selon laquelle sont réalisées les lignes de couture,  
pourrait être adaptée à chaque cas particulier, l'aiguille pouvant  
notamment être un autre type, par exemple, du genre connu dans la  
technique sous le nom d'aiguille "compound", constituée d'une  
25 partie cylindrique à l'intérieur de laquelle coulisser un axe jouant  
le rôle du clapet de l'aiguille classique. Enfin, dans certains cas,  
il pourrait être avantageux de munir la tête de couture, en avant  
de l'aiguille, d'un poinçon, permettant de réaliser à travers  
l'empilement des nappes, une perforation préalable facilitant lors  
30 de l'avance de la tête, la pénétration de l'aiguille elle-même.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication de corps ou pièces en tissus tridimensionnels, à partir de fils, filaments, mèches, fibres...., caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser une première nappe de fils parallèles s'étendant selon une première direction, à super-  
5 poser plan sur plan sur cette première nappe une seconde nappe de fils parallèles s'étendant selon une deuxième direction différente de la première, à répéter la superposition alternée de premières et secondes nappes de fils pour obtenir un empilement épais, à coudre l'empilement des premières et deuxièmes nappes par un  
10 troisième fil s'étendant selon une direction faisant un angle donné par rapport au plan formé par les directions des fils dans les premières et deuxièmes nappes, ce troisième fil réalisant une ligne de couture continue, et à répéter la couture de l'empilement par le troisième fil pour former une succession de lignes  
15 de couture parallèles, voisines mais décalées de l'une à l'autre pour recouvrir la surface de l'empilement.

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à aménager les fils dans les premières et deuxièmes nappes d'une part et le fil de couture  
20 d'autre part, selon trois directions respectivement perpendiculaires.

3. Procédé de fabrication selon la revendication 2, adapté à un corps de révolution autour d'un axe, caractérisé en ce que les fils des premières nappes s'étendent dans la direction  
25 transversale ou circonférentielle sur le corps, les fils des deuxièmes nappes selon la direction axiale et le fil de couture selon une direction radiale, les lignes de couture étant orientées parallèlement à la direction des fils dans l'une des nappes et décalées de l'une à l'autre, selon la direction des fils dans  
30 l'autre nappe.

4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le fil de couture traversant les nappes superposées est un fil continu sous tension, disposé selon une courbe d'allure sinusoïdale dont les sommets sont situés sur  
35 les faces extrêmes de l'empilement des nappes, les brins des fils voisins étant parallèles entre eux dans l'épaisseur de l'empilement.

5. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couture de l'empilement des nappes par le troisième fil s'effectue avec un point de chaînette.

5 6. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on choisit les fils du tissu parmi des fils de verre, de silice, de carbone, de graphite, de polyamides, de polyimides...

10 7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les fils des nappes sont de même nature ou de nature différente.

8. Procédé de fabrication selon la revendication 7, caractérisé en ce que les fils sont continus ou discontinus, contigus ou non, tressés, sous forme de torons ou groupés parallèlement sans enchevêtrement mutuel.

15 9. Procédé de fabrication selon la revendication 1, adapté à la fabrication de corps de révolution autour d'un axe, caractérisé en ce qu'il consiste à constituer une première nappe du tissu par un fil continu disposé selon une hélice s'enroulant circonférentiellement sur un mandrin-support, à superposer  
20 les fils d'une deuxième nappe sur l'hélice de la première nappe selon une direction sensiblement axiale pour recouvrir totalement la première nappe, à recouvrir la deuxième nappe par une troisième nappe identique à la première, puis la troisième par une quatrième identique à la deuxième et ainsi de suite, puis  
25 à coudre l'empilement des nappes par un troisième fil à travers le mandrin-support convenablement ajouré, selon des lignes de couture s'étendant également selon la direction axiale, et enfin à retirer le mandrin-support.

30 10. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il consiste à imprégner le tissu par une résine formant matrice, remplissant les espaces libres entre les fils.

35 11. Corps en tissu tri-dimensionnel obtenu par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comportant plusieurs nappes de fils pour partie substantiellement parallèles, caractérisé en ce qu'il est constitué par un empilement d'au moins deux nappes où les fils sont parallèles et orientés différemment d'une nappe à l'autre, ces nappes étant liées transversalement entre elles par au moins un fil de couture sous  
40 tension, traversant ces nappes suivant une courbe d'allure sinusoïdale



dont les sommets sont situés sur les faces de l'empilement.

12. Corps en tissu tri-dimensionnel selon la revendication 11, caractérisé en ce que, dans sa traversée des nappes, le fil de couture est perpendiculaire à la direction des  
5 fils dans les nappes de l'empilement.

13. Corps en tissu tri-dimensionnel selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il possède une densité comprise entre 0,26 et 1,3 kg/dm<sup>3</sup> environ.

14. Corps en tissu tri-dimensionnel selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il présente une forme de  
10 parallélépipède rectangle, de couronne cylindrique droite, de tonneau ou de sphère à paroi d'épaisseur substantiellement constante, ou de tronc de cône, ou une forme résultant d'une association de ces différents profils.

15. Appareil pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte un mandrin creux de support du corps à fabriquer, ayant la forme extérieure de ce corps et présentant une lacune allongée dont la position est variable sur la périphérie du mandrin, un  
20 premier dispositif de distribution pour le fil des premières nappes selon une direction liée au mandrin, un deuxième dispositif de distribution pour le fil des secondes nappes selon une seconde direction également liée au mandrin, une tête de couture orientable munie d'une aiguille coopérant avec une passette, l'aiguille et la  
25 passette étant disposées en regard, respectivement de part et d'autre de la lacune à l'intérieur et à l'extérieur du mandrin, des moyens pour provoquer un déplacement relatif entre le mandrin et chaque dispositif de distribution des fils des premières et deuxièmes nappes, et des moyens pour déplacer le mandrin par  
30 rapport à la tête de couture selon la direction de la lacune ménagée dans le mandrin.

16. Appareil selon la revendication 15 caractérisé en ce que le mandrin creux présente un profil de révolution autour d'un axe et est constitué par un ensemble de secteurs voisins indépendants,  
35 supportés par deux couronnes circulaires d'extrémité, la lacune du mandrin étant réalisée par enlèvement d'un quelconque des secteurs entre les deux couronnes.

17. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens pour provoquer un déplacement relatif entre le  
40 mandrin et le premier dispositif de distribution de fil, comportent

un arbre engagé selon l'axe du mandrin et rendu solidaire des couronnes d'extrémités par des joues de fixation, cet arbre étant muni d'au moins un pignon d'entraînement coopérant avec un moteur provoquant la rotation du mandrin autour de son axe, et une vis sans fin entraînée en synchronisme avec l'arbre du mandrin, cette vis coopérant avec un chariot bobineur portant un guide-fil se déplaçant dans un plan contenant une génératrice du mandrin, la rotation du mandrin combinée au déplacement du chariot appliquant le fil autour du mandrin selon une hélice continue.

18. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que les couronnes et éventuellement les secteurs du mandrin, comportent des trous pour le montage de picots dirigés radialement vers l'extérieur du mandrin, ces picots étant adaptés à tendre le fil des nappes selon la direction des génératrices du mandrin, fourni par le second dispositif de distribution comportant un chariot trameur se déplaçant avec un mouvement de va-et-vient entre les picots.

19. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que le mandrin comporte une pièce de forme creuse interne, montée entre deux couronnes d'extrémité, cette pièce de forme étant entourée par un ensemble de barres cylindriques montées en rotation sur des roulements entre les couronnes et parallèles à la surface de la pièce de forme, celle-ci comportant une lacune permanente disposée au droit d'un espace ménagé entre deux barres successives.

20. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'aiguille de la tête de couture comporte un clapet basculant.

21. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'aiguille de la tête de couture est du type "compound", comprenant une partie cylindrique traversée par un axe mobile.

22. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce que la tête de couture comporte un poinçon, réalisant une perforation préalable de l'empilement des nappes pour faciliter le passage ultérieur de l'aiguille.

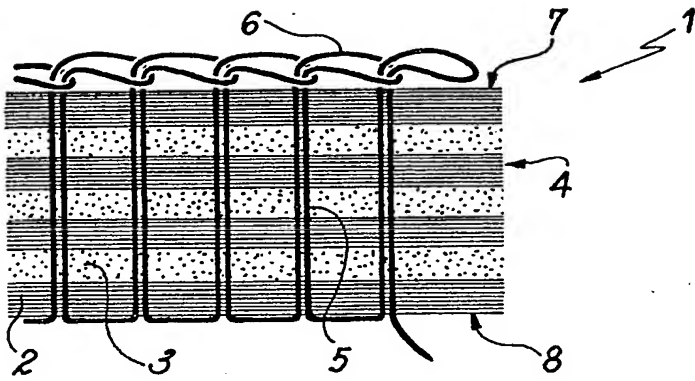


FIG. 1

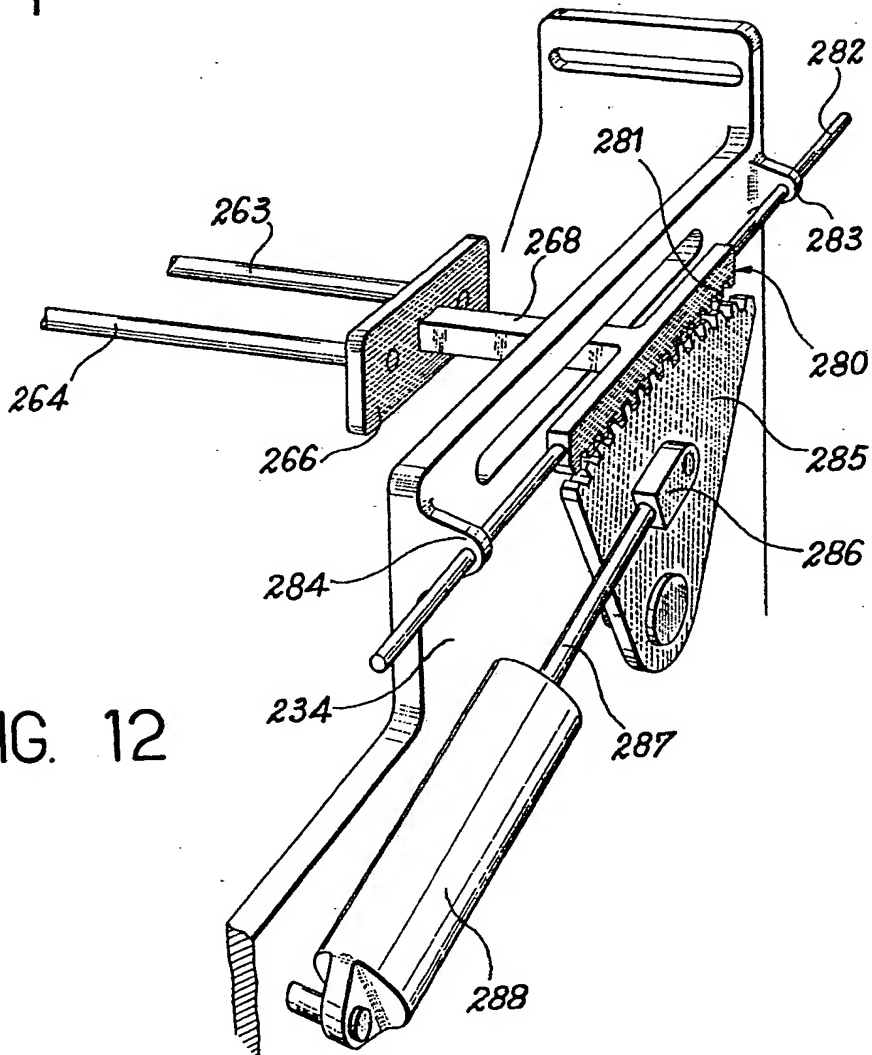
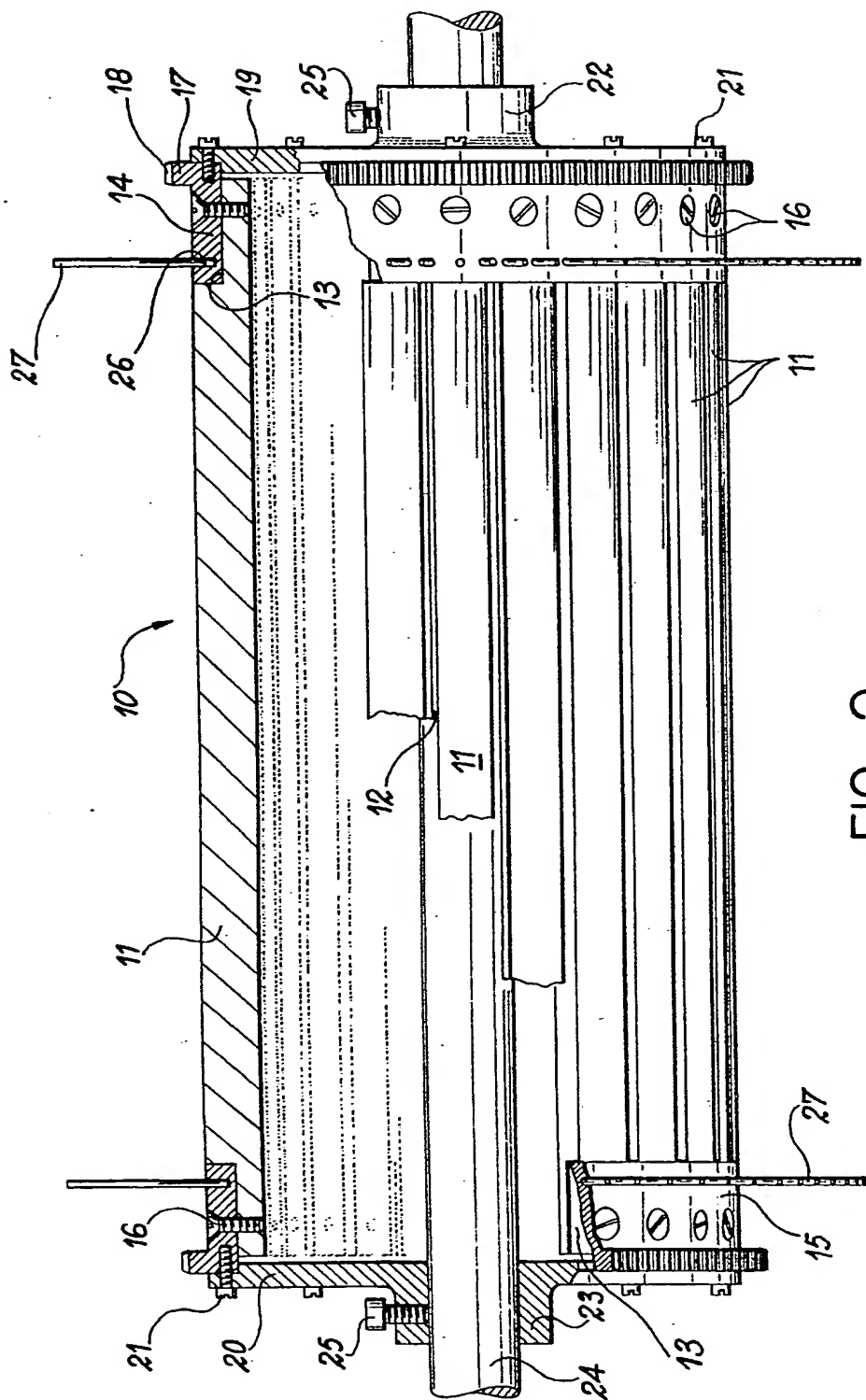
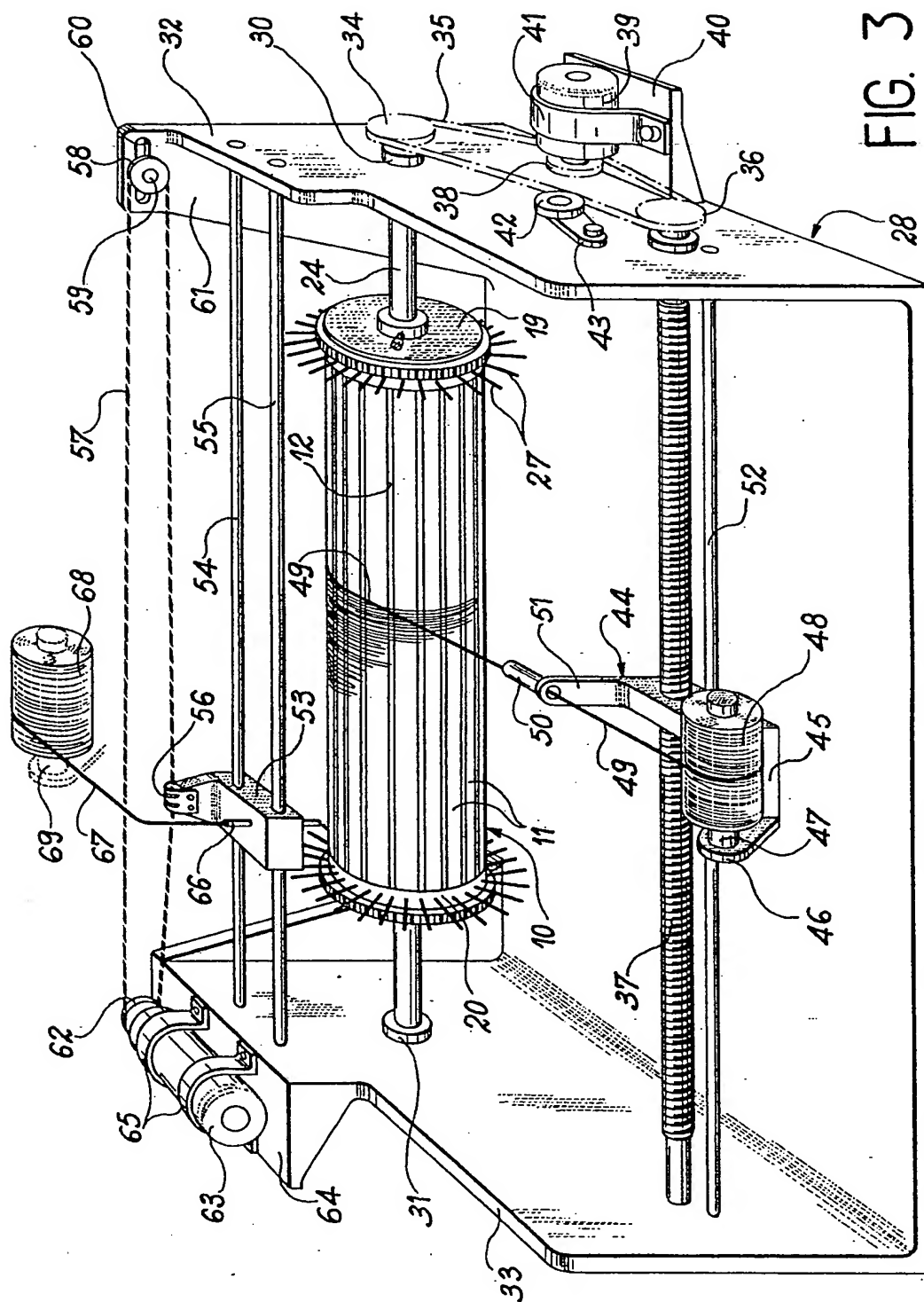
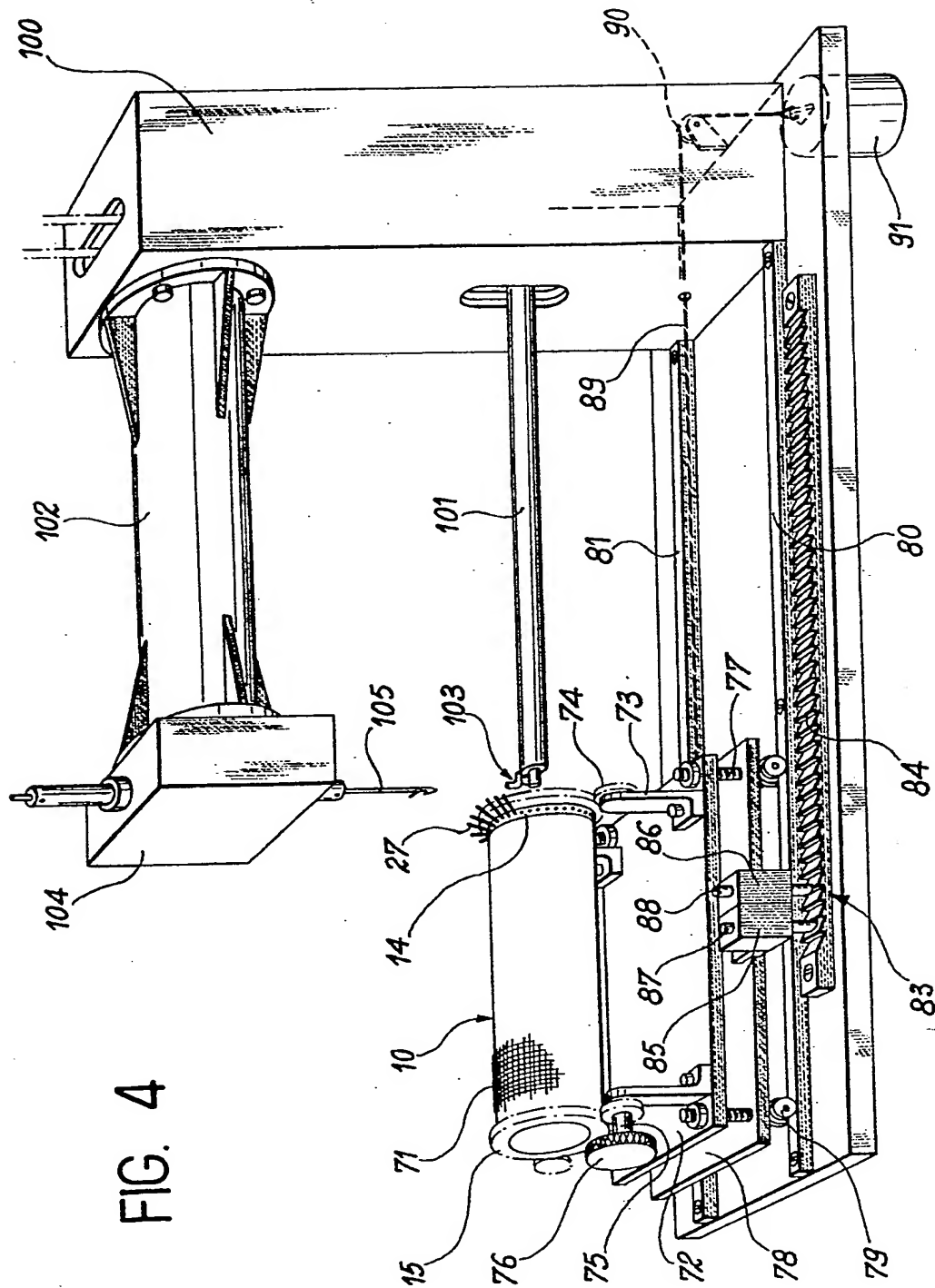


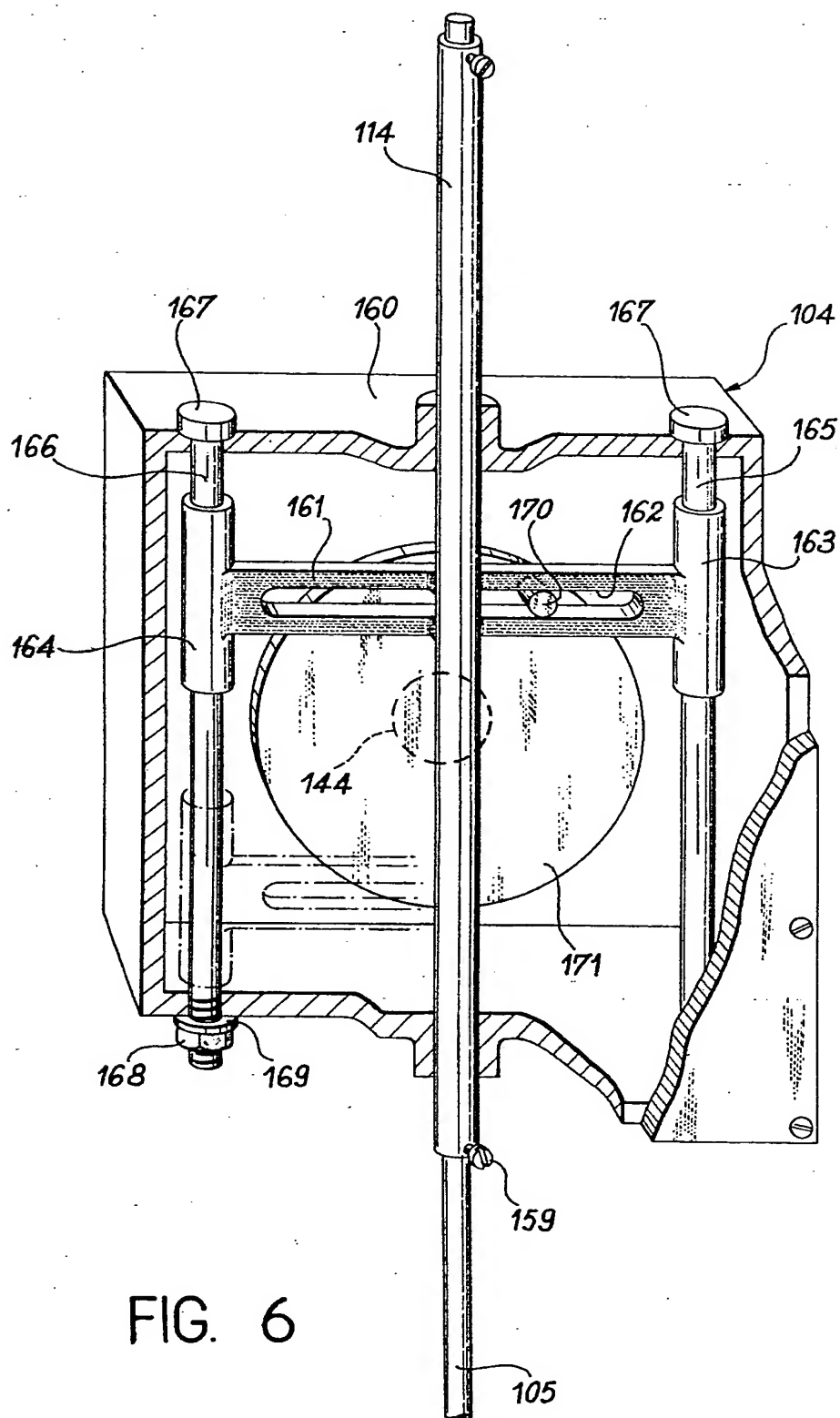
FIG. 12













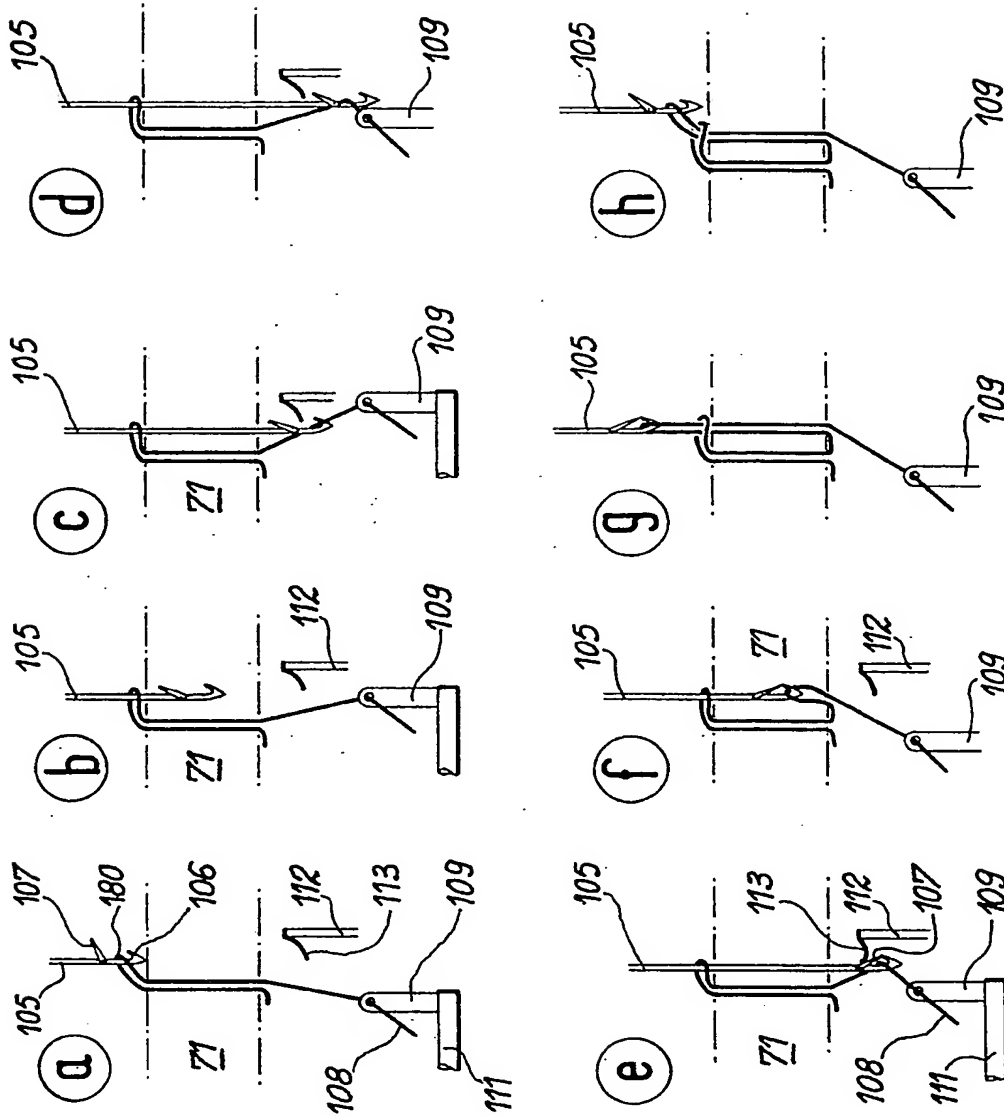
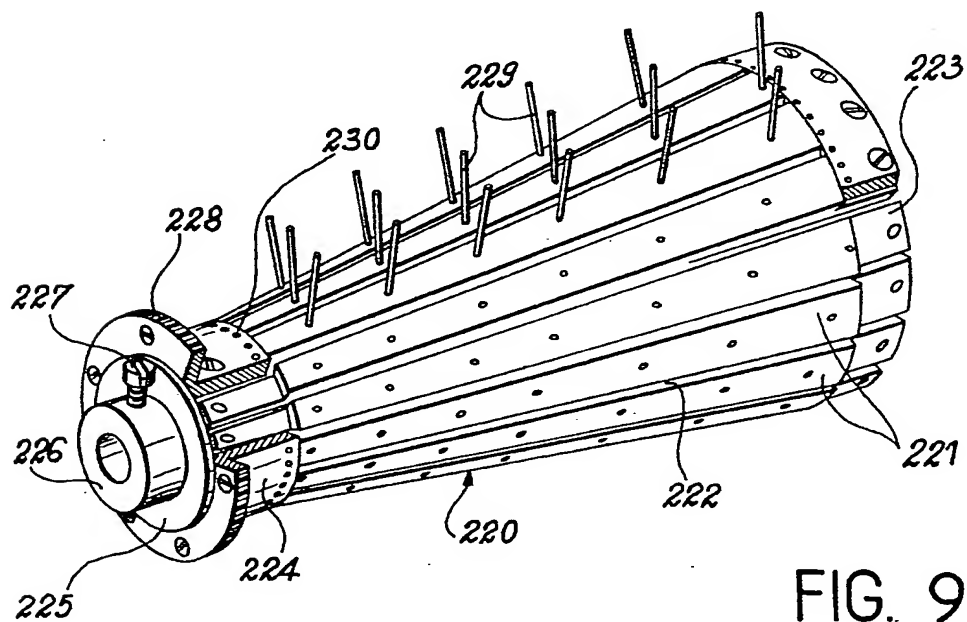
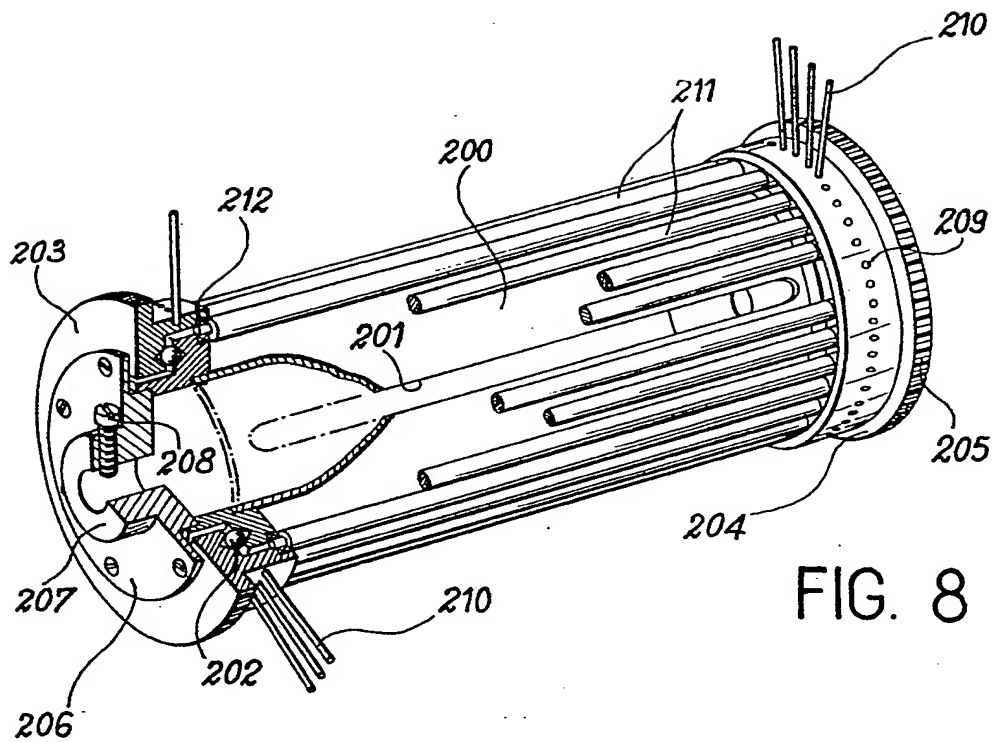


FIG. 7



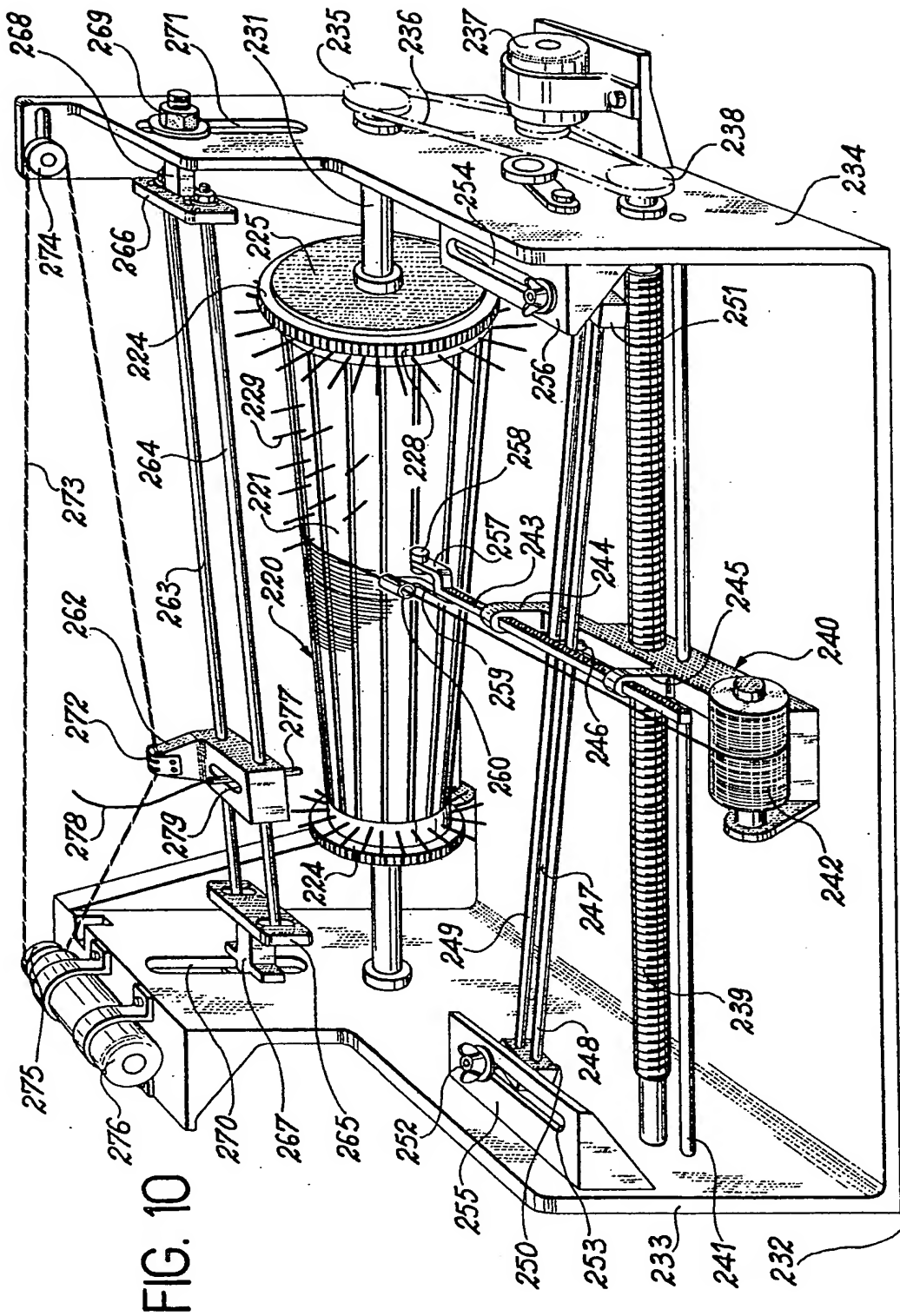


FIG. 10

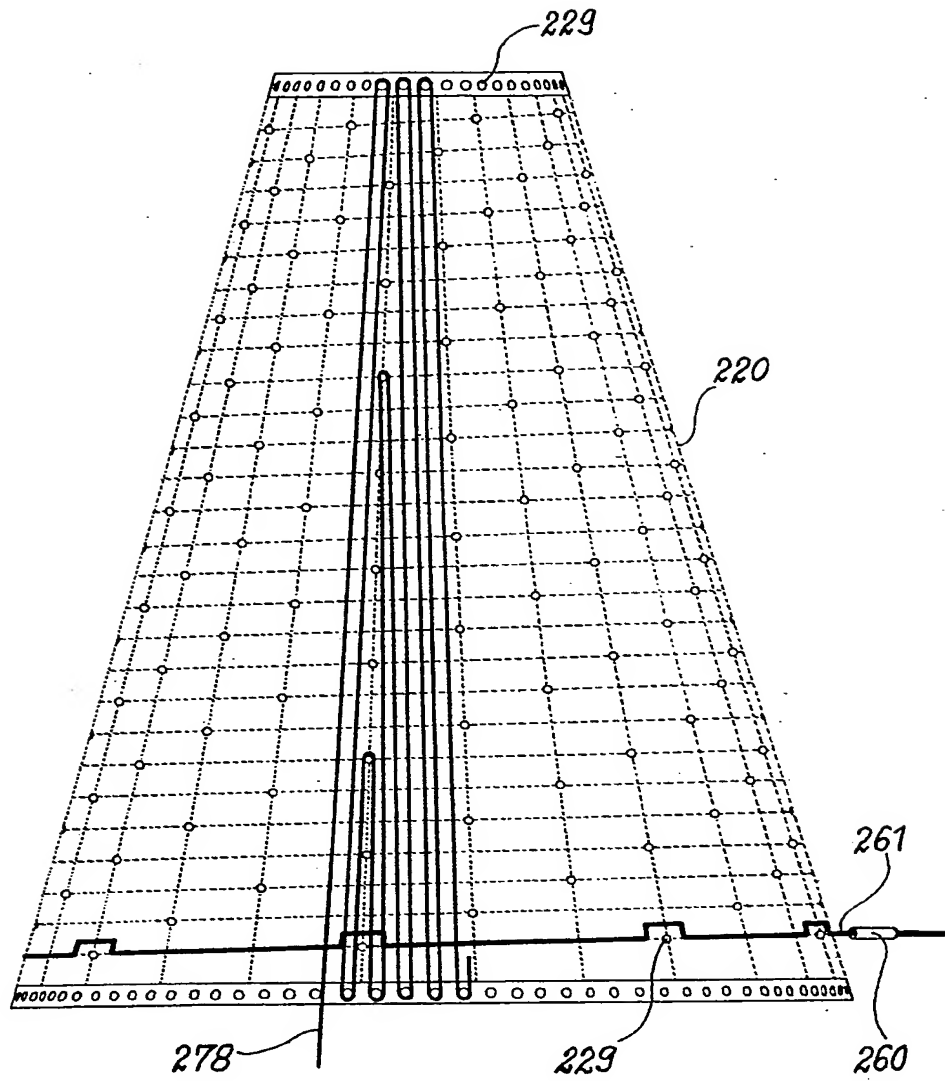


FIG. 11

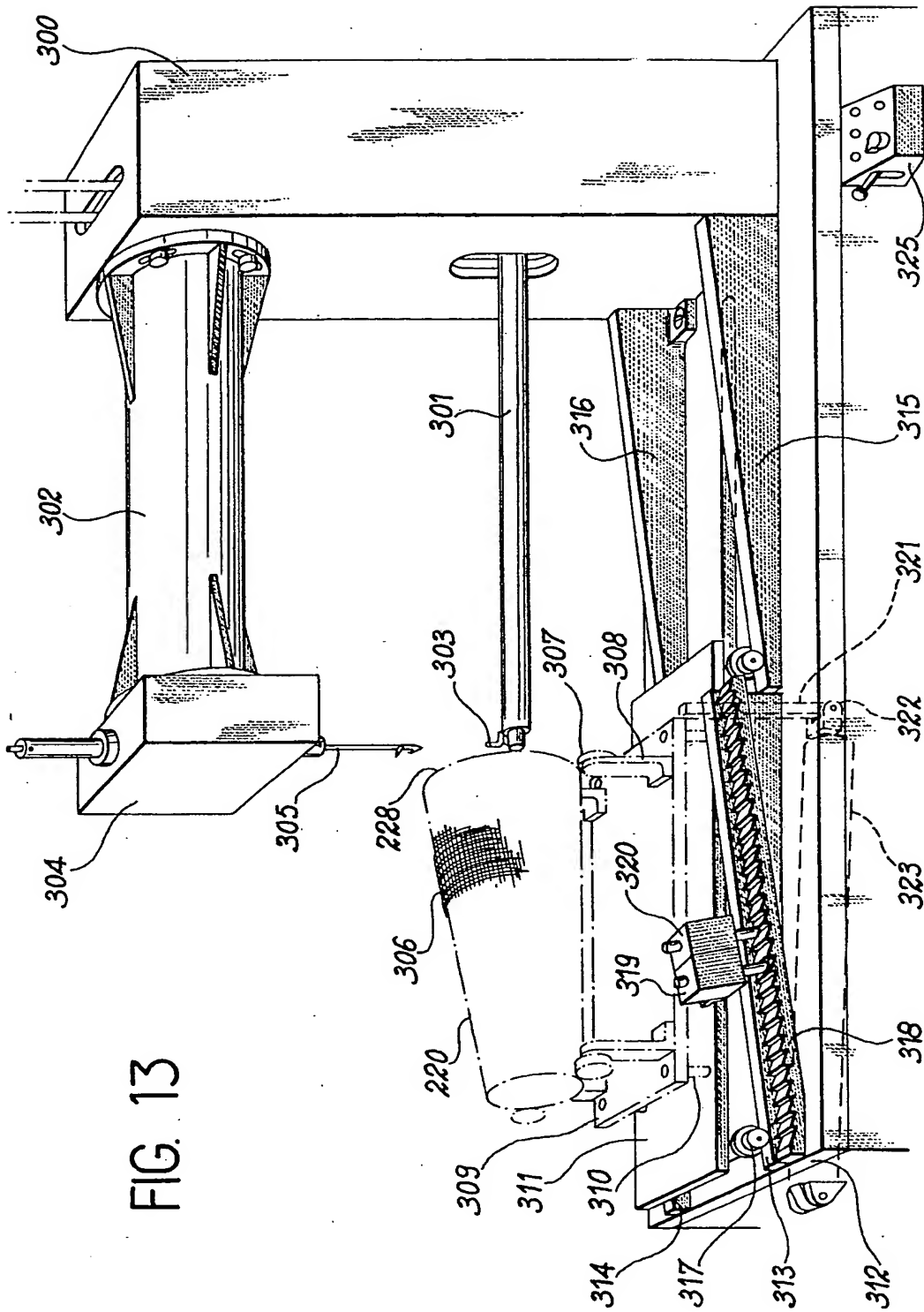


FIG. 13

